

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta Strojní



Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T010 – Inovační inženýrství

Zaměření: Inovace výrobků

Katedra částí a mechanismů strojů

Inovace zařízení pro zpracování topných těles

Innovation of the device for processing heater cores

KST

Autor: Bc. Jan Zahradník

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.

Konzultant diplomové práce: Ing. Miroslav Zezula, Behr Czech s.r.o.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran:74
Počet tabulek:4
Počet obrázků:36
Počet diagramů:-
Počet příloh:8

V Liberci 15 .5.2012



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení	Bc. Jan Zahradník
Studijní program:	N2301 – Strojní inženýrství
Obor	3909T010 - Inovační inženýrství
Zaměření	Inovace výrobků

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Inovace zařízení pro zpracování topných těles.

Zásady pro vypracování:

1. Představení úkolu (cíl, seznámení s firmou, výrobkem, stávajícím řešením)
2. Naplánování projektu. (harmonogram, inovační příležitosti, inovační prohlášení)
Zařízení by mělo umožňovat: - vyšší samostatnost
 - plynulý transport těles mezi zařízením nanášející pryskyřici a sušící linkou
 - snadnou údržbu a obsluhu
 - neovlivnění nanesené vrstvy
3. Průzkum potenciálních řešení.
4. Návrh 5 řešení, zhodnocení jednotlivých variant a výběr nejlepšího řešení.
5. Rozpracování konečné varianty (FMEA, DFX, konstrukce, výpočty, výkresy vybrané varianty)
6. Ekonomické zhodnocení
7. Závěrečné zhodnocení

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/200 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 15. 5. 2012

Podpis:

Poděkování:

V úvodu bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu prof. Ing. Ladislavu Ševčíkovi, CSc. za věnovaný čas, odborné vedení a cenné informace při zpracovávání této práce.

Dále bych rád poděkoval panu Ing. Miroslavu Zezulovi, ze společnosti BEHR Czech s.r.o., za odborné rady a informace týkající se stávajícího zařízení.

Kromě toho bych rád poděkoval firmě BEHR Czech s.r.o., která mi umožnila zpracovat tuto diplomovou práci.



Vznik tohoto materiálu byl podpořen v rámci projektu OP VK (CZ 1.07/2.2.00/07.0291) „In-TECH 2“ spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

Realizace projektu : 2009 – 2012.

Partneři projektu: Technická univerzita v Liberci - Škoda Auto a.s. - Denso MCZ s.r.o.

Manažer projektu Doc. Dr. Ing. Ivan Mašín.



ANOTACE

Diplomová práce se zabývá inovací stroje pro zpracování topných těles. Práce obsahuje seznámení se stávajícím řešením stroje. Inovace zařízení se skládá z definování zákaznických požadavků, návrhu pěti variant řešení, zhodnocení variant a rozpracování nejlepší varianty. Projekt užívá inovačních metod pro návrh výrobku. 3D model je vytvořen v programu Pro/ENGINEER. Konečné řešení obsahuje ekonomické hodnocení implementace technických změn.

Klíčová slova: inovace
 manipulátor
 topné těleso
 jednouúčelové zařízení

ANNOTATION

The theses describes innovation of machine for processing heater cores. The theses contains familiarize with existing solution. The innovation is consist of definition customer requirement, proposal five drafts design, appraisal variants and elaborate the best variant. Project uses innovative methods for design of a product. 3D model is create in software Pro/ENGINEER. Final project contains economic evaluation of the impementation technical changes.

Keywords: innovation
 handler
 heater cores
 single-purpose mechanism

OBSAH:

1	<i>Cíl diplomové práce</i>	8
2	<i>Seznámení se s firmou</i>	10
2.1	Seznámení se s produktem.....	11
2.2	Seznámení se stávajícím zařízením BARTEC	12
2.3	Popis stávajícího konstrukčního řešení manipulátoru	13
3	<i>Základní operace inovačního procesu</i>	16
3.1	Harmonogram jednotlivých činností na projektu.....	16
3.2	Inovační příležitosti a definice inovačního záměru	17
3.3	Inovační prohlášení	18
3.4	Strukturování potřeb navrhovaného zařízení	19
3.5	QFD metoda – 1. stupeň („dům jakosti“):	20
4	<i>Průzkum možných řešení</i>	21
5	<i>Návrhy řešení</i>	23
5.1	Varianta 1 – manipulátor s otočným výsuvným ramenem.....	23
5.2	Varianta 2 – portálový dvouosý manipulátor	26
5.3	Varianta 3 – výklopný manipulátor s článkovým dopravníkem	28
5.4	Varianta 4 – manipulátor s pneumatickým lineárním válcem	29
5.5	Varianta 5 –manipulátor s pevnou válečkovou tratí.....	30
6	<i>Zhodnocení navržených řešení:</i>	32
6.1	Porovnání cen nakupovaných komponent	32
6.2	Údržba a čištění zařízení.....	33
6.3	Zásah do stávajícího zařízení	34
6.4	Snadnost montáže zařízení.....	35
6.5	Změna typu zpracovávaných těles.....	37
6.6	Kvalitativní vliv na těleso z pohledu fixace	38
6.7	Vliv na životní prostředí	39

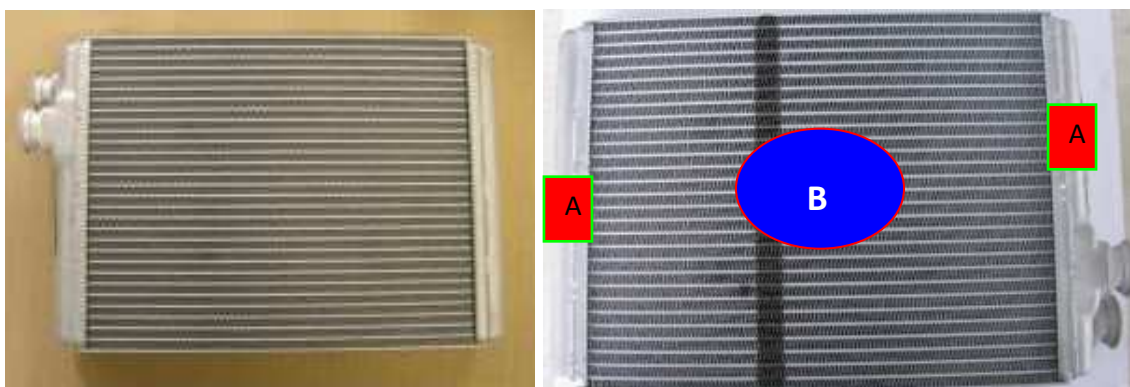
6.8	Plošná náročnost navrženého řešení.....	41
6.9	Komplexnost dopravníkového systému.....	42
6.10	Výběr nejvhodnější varianty řešení	43
7	<i>Řešení zvoleného návrhu.....</i>	<i>44</i>
7.1	D-FMEA	44
7.2	Metody DFx.....	45
7.3	Představení konečné varianty řešení	47
7.4	Pevnostní výpočty	51
8	<i>Ekonomické zhodnocení</i>	<i>59</i>
9	<i>Závěr.....</i>	<i>61</i>
	<i>Seznam zkratk</i>	<i>63</i>
	<i>Seznam příloh</i>	<i>64</i>
	<i>Seznam použité literatury.....</i>	<i>65</i>

1 Cíl diplomové práce

Cílem této diplomové práce je inovace automatické stanice od firmy BARTEC, jenž slouží k nanášení pryskyřic. Tato stanice je nepostradatelnou součástí procesu při výrobě topných těles. Účelem je inovovat výstupní manipulační zařízení této stanice, které je v současné době řešeno pevným manipulátorem. Odběr tělesa má po každém provedeném cyklu na starosti operátor tohoto zařízení. Požadavkem firmy BEHR Czech s.r.o. je prověření možností automatizovaného odnámání těles a případné navázání nanášecí stanice na následující technologii zpracování, kterou je vlastní vytvrzení pryskyřic.

Inovované zařízení má především umožnit vyšší samostatnost nanášecího stroje v závislosti na jeho obsluze. Dále by mělo zařízení z hlediska provozu umožnit zejména snadnou údržbu a obsluhu. Především však musí zaručovat bezpečný a plynulý transport těles mezi zařízením nanášející pryskyřici a budoucí sušící linkou. V žádném případě však nově navržené zařízení nesmí negativně ovlivňovat nanášenou vrstvu.

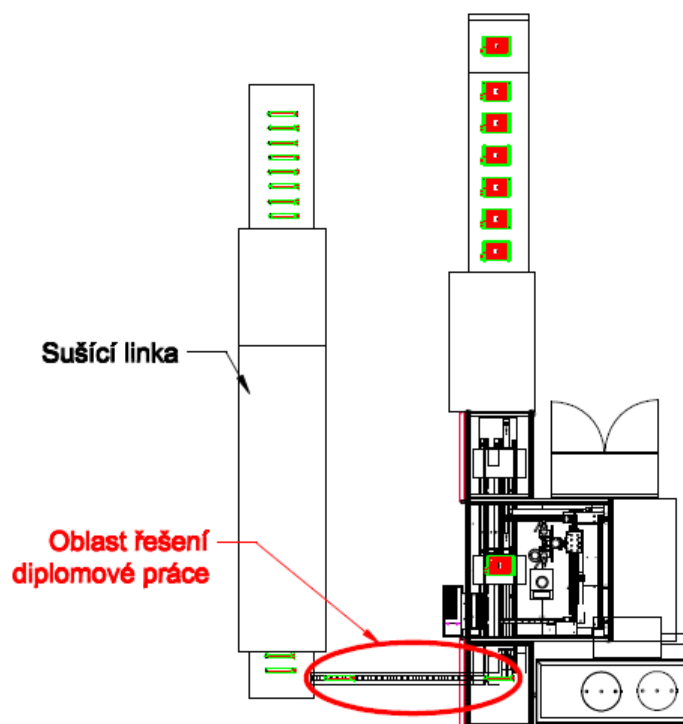
Hlavním omezujícím činitelem při návrhu je tedy nanášená vrstva, jenž se nesmí v žádném případě dostat do přímého kontaktu s čímkoliv, než nastane úplné vytvrzení nanášené vrstvy. Tím by mohlo dojít k jejímu poškození, popřípadě k znečištění tělesa. Topné těleso tak může být v kontaktu s manipulátorem v místě sítě (tvořena soustavou z plochých trubek a žeber viz obr. 1.1 bod B), kde není nanášena pryskyřice a nebo může být opřena o boční víka (viz. obr. 1.1 body A)



Obr. 1.1. Topné těleso před zpracováním a po zpracování

Cílem práce je vygenerovat pět potenciálních řešení zadaného úkolu. Tyto řešení musí splňovat zadané počáteční podmínky a především by měly být s minimálními úpravami stávajícího stroje snadno implementovatelné. Následně je nutné tyto návrhy mezi sebou porovnat a vybrat nejvhodnější technické řešení. Vyhodnocené nejlepší řešení následně rozpracovat za přispění metod inovačního inženýrství pro návrh výrobku včetně zhotovení 3D modelu za pomoci konstrukčního softwaru Pro/Engineer. Dále je nutné provést nezbytné pevnostní výpočty a vyhotovit základní výkresovou dokumentaci zařízení.

Nepostradatelnou součástí této práce je také ekonomické posouzení náročnosti navrženého zařízení. V závěru zhodnocení dosažených výsledků a přínosů celého projektu.



Obr. 1.2. Oblast řešení problematiky diplomové práce a návrhu zařízení

2 Seznámení se s firmou

Výrobní závod BEHR Czech s.r.o., sídlící v Mnichově Hradišti, je součástí mezinárodní skupiny BEHR Group. Toto seskupení má své závody rozmístěny po několika kontinentech. Největší koncentrace továren se nachází v Evropě. Další se nacházejí v Severní a Jižní Americe, Africe a Asii. Celá skupina se řadí mezi jednoho z předních výrobců a dodavatelů komponentů pro klimatizační jednotky a chlazení motorů. Závod v Mnichově Hradišti byl založen konce roku 2000 a řadí se mezi přední dynamicky se rozvíjející závod v rámci skupiny. Výrobní sortiment firmy zahrnuje především komponenty pro osobní vozy nejrozličnějších značek, ale i chladicí moduly pro vozidla nákladní. Do produktového sortimentu zejména patří výroba chladičů, chladících modulů, výparníků a topných těles. Kromě toho závod od roku 2007 disponuje vlastní vstříkovnou plastů.



Obr. 2.1 Mapa závodů a logo společnosti ^[1]

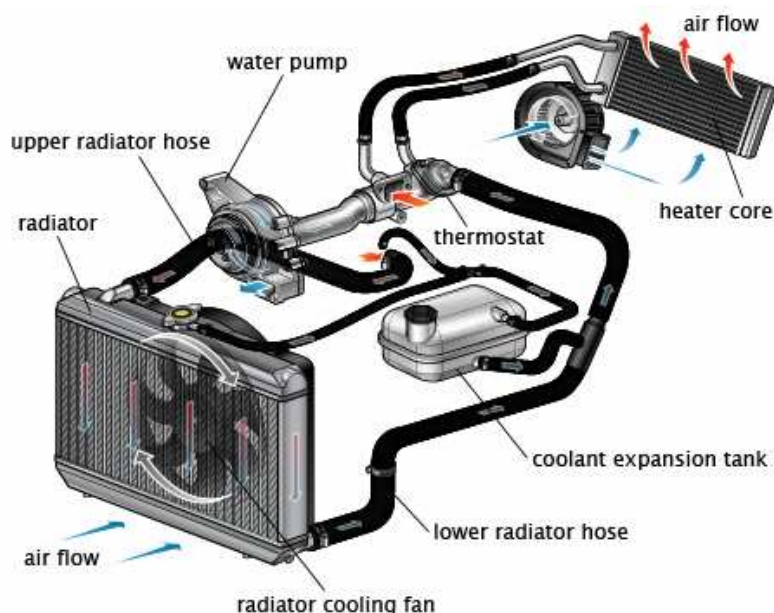
BEHR a inovace

Vývoj a konkurenceschopnost v oblasti automobilového průmyslu je jedním z klíčových kamenů úspěchu. Proto je důležité tyto produkty i procesy ve spojení s inovacemi posunovat dále kupředu. Jednotlivě inovované výrobky ve spojení s dalšími produkty pak umožňují vytvářet v konečném důsledku výrobek, který je o mnoho bezpečnější, pohodlnější vůči zákazníkovi a šetrnější k životnímu prostředí. I z tohoto důvodu je inovační přístup jednou ze základních hodnot společnosti BEHR Group, čímž zlepšuje nejenom vlastní výrobky a procesy.

2.1 Seznámení se s produktem

Jak asi všichni víme, tak při chodu spalovacího motoru vzniká velké množství odpadního tepla, které je třeba pro jeho správnou činnost odvádět pryč ze systému. To je dosaženo za přispění určitého chladicího systému. Celý chladicí systém v automobilech se skládá se z mnoha trubiček, kanálků a dalších komponent, v nichž při provozu motoru proudí chladicí kapalina. Dále i po jeho skončení odvádí nadbytečné odpadní teplo z motoru a zaručuje tak jeho řízené chladnutí. Poškození nebo nesprávné funkce celého chladicího systému by mohla způsobit nevratné poškození či úplné zničení motoru.

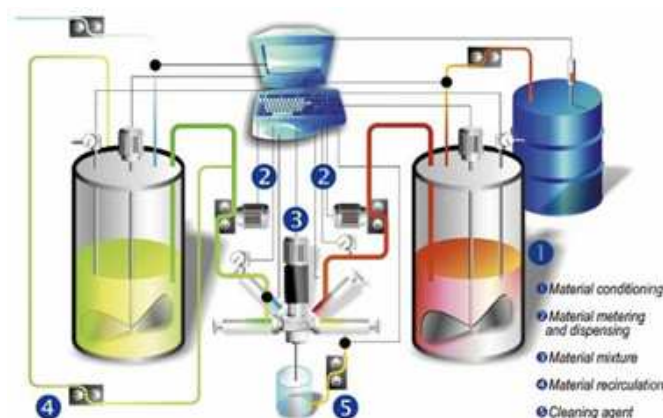
Topné těleso (z anglického spojení slov heater core) je zařízení, které toto odpadní teplo v nepatrné množství využívá. Vlastní těleso je připojeno na malý chladicí okruh motoru automobilu. Ten má za úkol co nejrychlejší zahřátí motoru na provozní teplotu. Současně s ním má topné těleso zajistit co nejrychlejší tepelný komfort posádky automobilu v nepříznivých klimatických podmínkách. Po dosažení optimální pracovní teploty v malém chladicím okruhu, dojde k postupnému propojení s okruhem velkým za pomoci termostatu. Tímto spojením začne řízená regulace teploty motoru. Topné těleso je obvyklou součástí každého automobilu na rozdíl od klimatizační jednotky.



Obr. 2.2 Chladicí okruh automobilu ^[1]

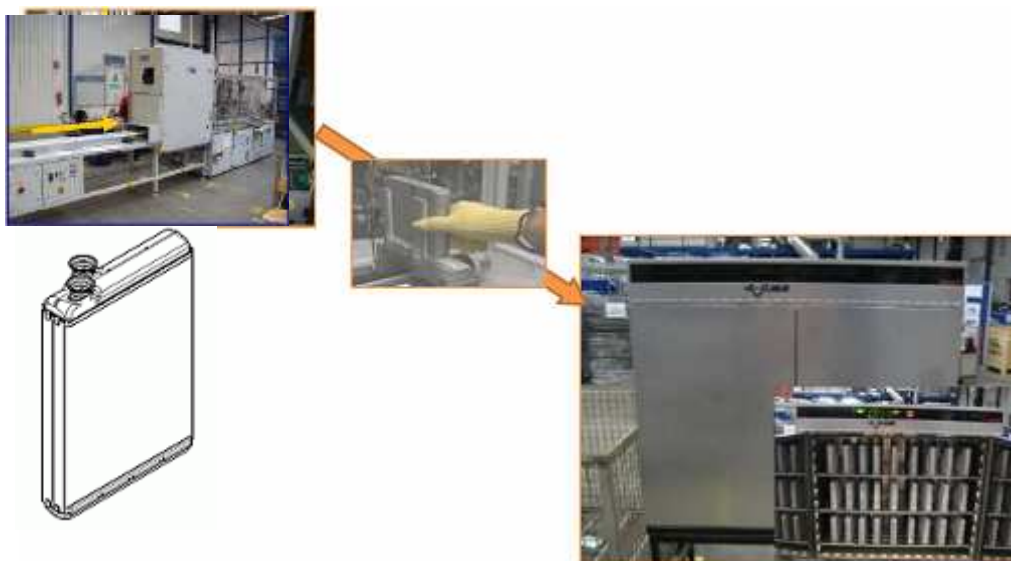
2.2 Seznámení se stávajícím zařízením BARTEC

Kontinuální nanášecí stanice od firmy BARTEC slouží v provozech firmy Behr k automatizovanému nanášení pryskyřic. Vstupní dopravní zařízení do této stanice je řešeno za pomoci polyamidového kluzného vedení a řetězového dopravníku s výstupky, jenž umožní zachycení tělesa a jeho následný posun. Na konci tohoto dopravníku se nachází přehřev, který umožňuje přípravu těles před vlastním nanášením. Teplota tělesa ovlivňuje správné zatečení pryskyřice. Pro posuv mezi následnými operacemi jsou v zařízení nainstalovány lineární elektrické a pneumatické pohony od firmy FESTO. Tyto pohony umožní přisunutí tělesa do pozice nanášení a následně do pozice výstupu z zařízení. V oblasti překrytí obou drah lineárních pohonů se nachází nanášecí hlavice, jenž je umístěna na tříosém vedení. Celý tento systém je řízen softwarem stanice. To zaručuje dle zvoleného programu automatické nanesení požadované množství pryskyřice na předem definovanou plochu. Kromě toho si zmíněné zařízení samo zajišťuje přípravu emulze a dávkování jednotlivých složek včetně jejich smíchání.



Obr.2.3. Schéma míchacího zařízení

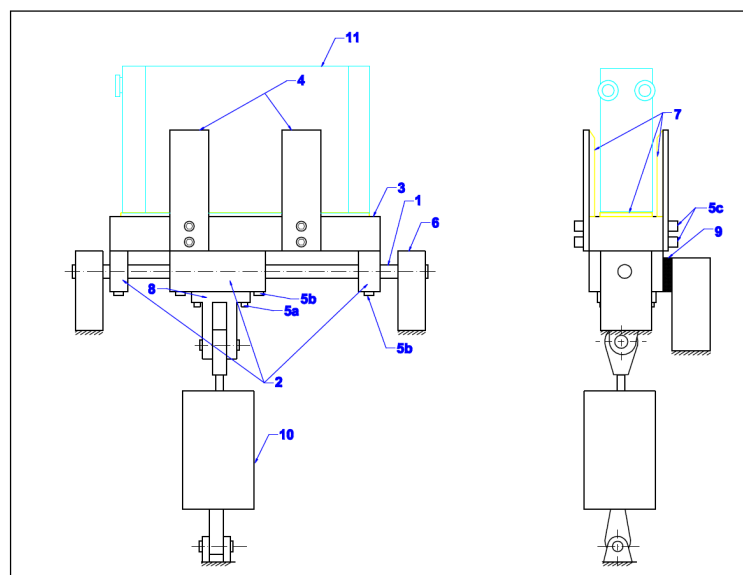
Na výstupu z tohoto zařízení se nachází manipulátor, který má být hlavním záměrem řešení diplomové práce. Manipulátor nyní slouží výhradně ke změně polohy tělesa po uplynutí dané technologické doby a k následnému odebrání. Z tohoto manipulátoru musí být v současnosti těleso ručně odebráno směrem vzhůru a přeneseno operátorem do stacionární pece k vytvrzení nanesené vrstvy. Po vytvrzení je těleso opět za pomoci operátora přesunuto do chlazení a následně postupuje na další operaci.



Obr.2.4. Schéma stávajícího řešení

2.3 Popis stávajícího konstrukčního řešení manipulátoru

Hlavním nosným prvkem systému je hlavní hřídel (1), jenž je uložen na rámu stoje za pomoci svěrného uložení (6). Toto uložení tak vytváří pohyblivý spoj mezi manipulátorem a základním rámem stroje. Hřídel je dále osazena třemi pevnými upínacími členy (2) na nichž je připevněna základna vlastního manipulátoru (3). Základna je připojena za pomoci osmi šroubů s vnitřním šestihranem (5b). Z důvodu fixace topného tělesa jsou z obou stran základny manipulátoru umístěny opěry (4), které zajistí správnou pozici tělesa. Každá z opěr je opět připevněna za pomoci dvou šroubů s vnitřním šestihranem (5c). Vnitřní prostor celého manipulátor je dále vyložen ochrannými polypropylenovými podložkami (7). Tyto podložky zamezují bezprostřednímu kontaktu transportovaného tělesa a vlastního manipulátoru při příjezdu tělesa a následně při jeho vyjímání z manipulátoru. Kromě toho postranní opěry s podložkami fixují těleso v přípravku při změně polohy.

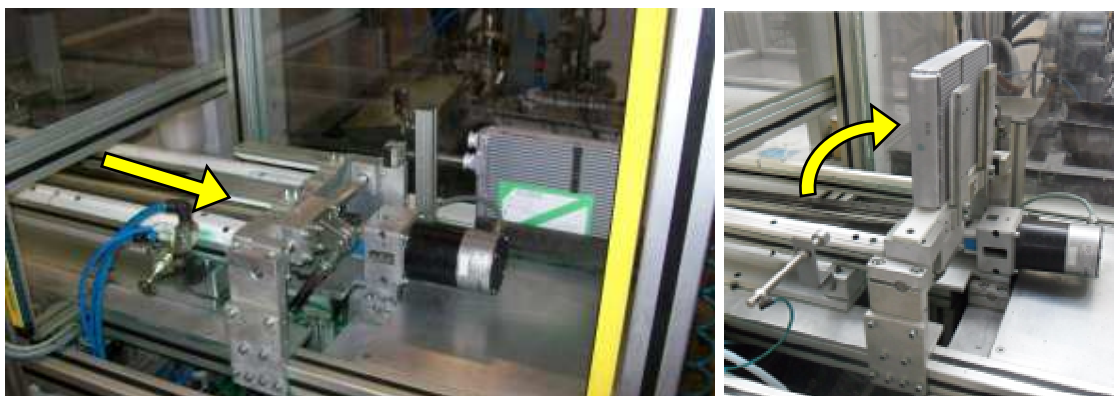


- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1) Hlavní hřídel | 2) Upínací členy |
| 3) Základna manipulátoru | 4) Opěry manipulátoru |
| 5a) b) c) Spojovací šrouby | 6) Svěrné uložení hřídele |
| 7) Ochranné podložky | 8) držák pneumatického pohonu |
| 9) Doraz s pryžovým tlumením | 10) Pneumatický pohon |
| 11) Topné těleso | |

Obr. 2.4 Skica stávajícího manipulátoru

Z druhé strany středového upínacího členu se pak nachází držák pneumatického pohonu (8), jenž je připevněn za pomoci čtyř šroubů s vnitřním šestihranem (5a). Na tento držák je připojen pneumatický válec. Tento pohon umožní omezený rotační pohyb v rozsahu 90°. Tím je zaručena změna polohy tělesa z horizontální do vertikální polohy a zpětný návrat manipulátoru. Pro zajištění přesné vertikální polohy je na rámu stroje připevněn doraz s pryžovým tlumením (9).

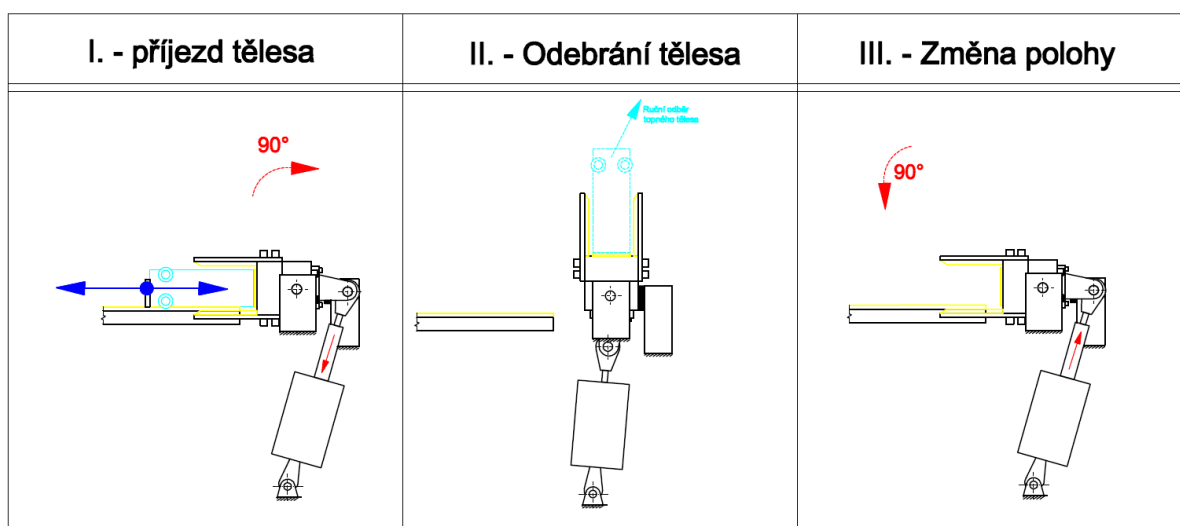
Hlavní části manipulátoru jsou vyrobeny převážně z hliníkových slitin a spojeny za pomoci ocelových šroubů s vnitřním šestihranem. Výjimku tvoří pouze hlavní hřídel a vlastní držák pneumatického pohonu, které jsou taktéž vyrobeny z oceli.



Obr. 2.5 Foto stávajícího manipulátoru

Popis jednotlivých pracovních poloh současného manipulátoru

Základní poloha manipulátoru je horizontální poloha (I.), kde v této poloze systém setrvává na přijetí tělesa do manipulátoru. Po uplynutí technologické doby dojde ke převrácení tělesa o 90° do vertikální polohy. Tím je těleso připraveno k odebrání operátorem (II.). Po odebrání následuje návrat do výchozí horizontální pozice (III.) a opětovnému čekání na příjezd následujícího tělesa. Takto se celý cyklus opětovně opakuje.

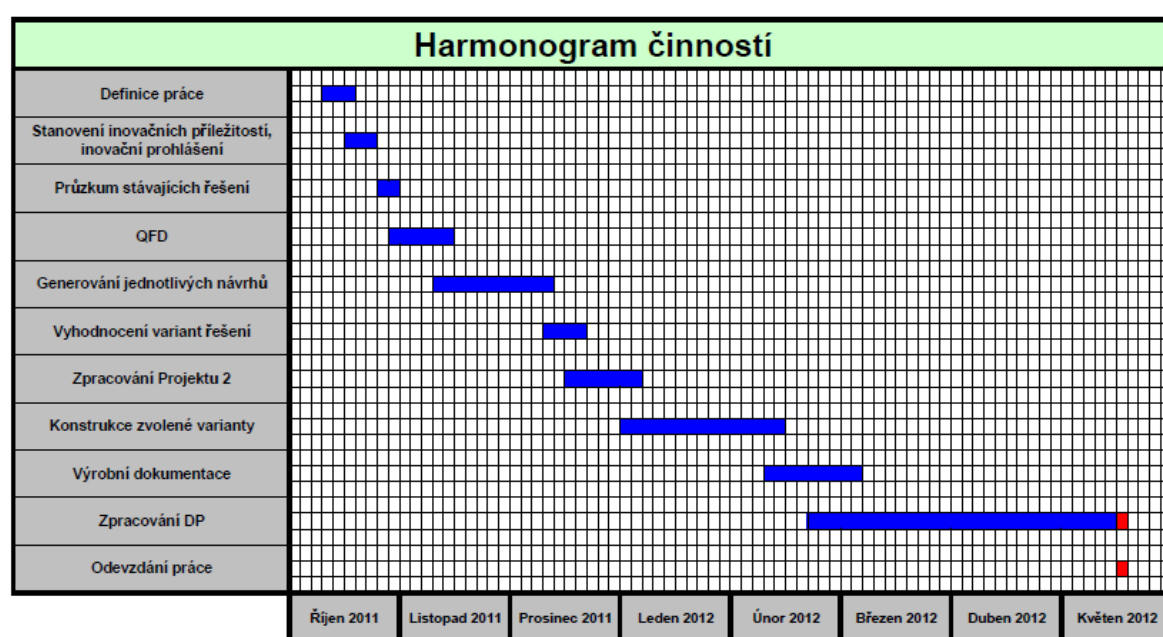


Obr. 2.6 Pracovní polohy manipulátoru

3 Základní operace inovačního procesu

3.1 Harmonogram jednotlivých činností na projektu

Stanovení hrubého harmonogramu základních činností je nepostradatelnou součástí každého projektu abychom následně byly schopni nadefinovat dostatečné množství zdrojů. Zároveň tímto způsobem lze velmi významně ovlivnit délku celého projektu a současně známe termín zakončení projektu.



Obr. 3.1. Hrubý harmonogram projektu

Pro tvorbu detailního projektového harmonogram a především k jeho řízení, správě úkolů, zdrojů a zjišťování aktuálního stavu projektu existují softwary jako je například Microsoft Office Project, který nám zprostředkuje nejrůznější datové výstupy - Ganttův diagram, kalendáře, přehled peněžních toků, nejrůznější analýzy atd.

3.2 Inovační příležitosti a definice inovačního záměru



Inovační příležitosti zvoleného zařízení

- Topné těleso se bez přispění obsluhy odstraní z manipulátoru pro jeho další použití
- Manipulátor umožní vodorovný pohyb tělesa s bezkontaktním stykem bočních opěr
- Manipulátor umožní bezpečnější přesun topného tělesa
- Zařízení zmenší vázanost obsluhy u stroje (obsluha nebude muset odebírat po ukončení každého cyklu zpracovaný kus a tím se bude moci více věnovat dalším aktivitám)
- Zařízení si zachová snadnou obsluhu a údržbu
- Úprava zařízení přispěje ke zlepšení v oblasti ergonomie pracoviště
- Myslete na zachování flexibility daného zařízení

Definice inovačního záměru

Inovujte manipulační zařízení, tak aby umožnilo automatický přesun topných těles mimo manipulátor pryskyřice. Tím bude umožněno započetí dalšího pracovního cyklu bez nutnosti obsluhy, která by musela daný kus odebrat. Dále mějte na paměti především na snadnou obsluhu a údržbu.

3.3 Inovační prohlášení

Inovační prohlášení

Popis zařízení

Manipulační zařízení pro automatizované zpracování topných těles v sériové výrobě, které umožní přenesení tělesa mezi dvěma zařízeními, jenž umožní menší vázanost obsluhy u zařízení, zajistí zjednodušení výroby a úsporu času.

Klíčové cíle

Navrhnout jednoúčelové manipulační zařízení, které bude schopno dlouhodobě a stabilně pracovat. Především musí umožnit bezpečný a kontrolovaný transport tělesa ze stávajícího zařízení. Dále pak musí být snadno a rychle implementovatelné do stávajícího zařízení a pokud možno s minimálními zásahy.

Primární trh

BEHR Czech Mnichovo Hradiště s.r.o

Sekundární trh

-

Předpoklady a omezení

Při konstrukci zařízení je třeba brát v potaz především kvalitativní působení styčných ploch na zpracovávaný polotovár a v žádném případě nesmí navržené zařízení negativně působit či ovlivňovat kvalitu zpracovávaných těles.

Účastníci inovačního procesu:

Zpracovatel :

Jan Zahradník

3.4 Strukturování potřeb navrhovaného zařízení

Získání a logické uspořádání zákaznických potřeb je základním krokem k uvědomění si charakteristický vlastností konečného výrobku, které vnímá konečný zákazník. Pro tuto potřebu nejlépe poslouží metoda, která se nazývá Afinní diagram. Tato metoda nám snadno v několika krocích pomůže graficky rozřadit požadavky na základě našeho bezprostředního poznání (viz. obr. 3.2.).

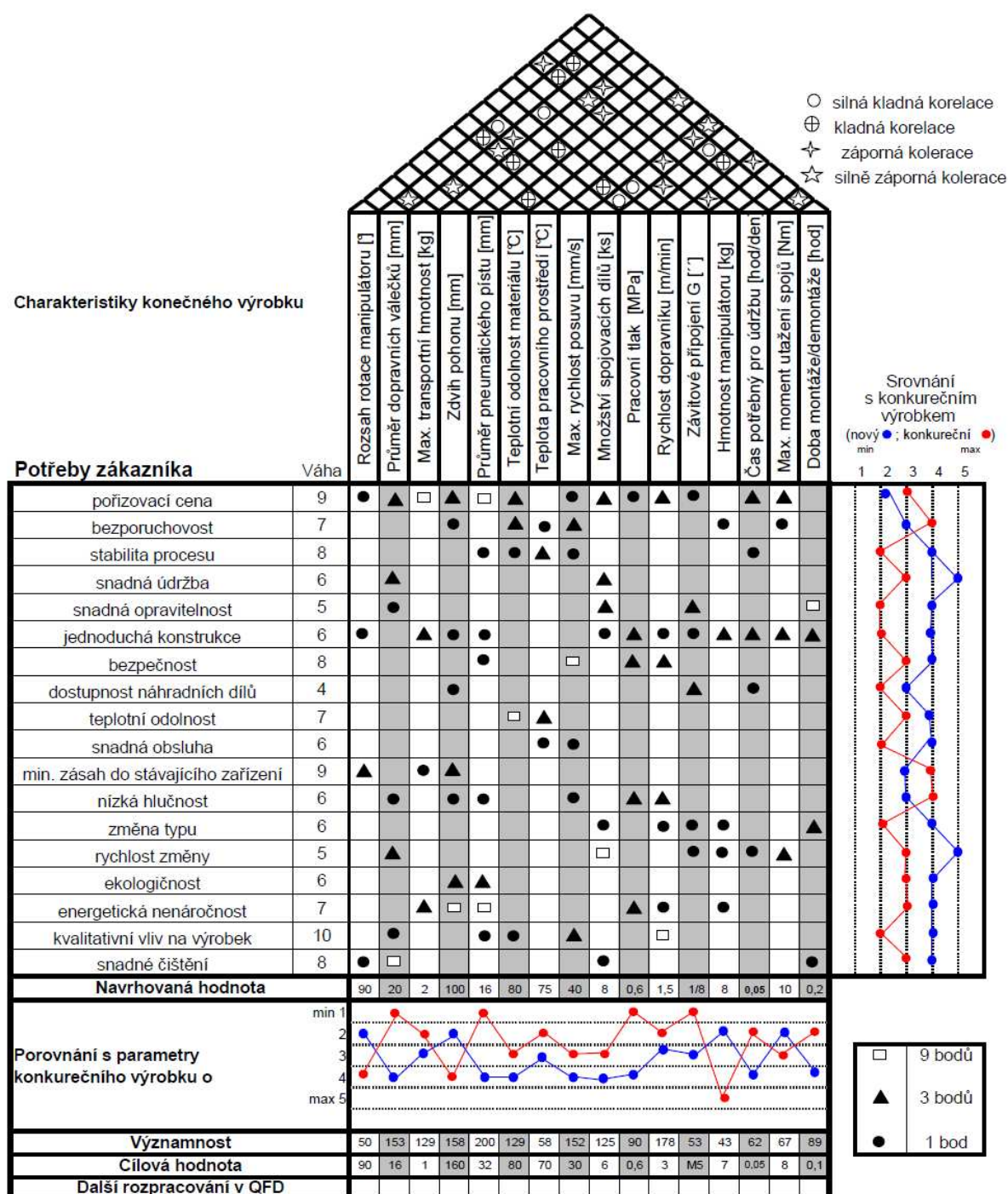


Obr. 3.2. Uspořádání data za pomoci afinního diagramu

Potřeby zákazníka jsou touto metodou rozřazeny do skupin od maximální významnosti k minimální. Takto získáme rychlý přehled o potřebách budoucího výrobku. Následně můžeme snadno vybrat a následně ohodnotit jednotlivé vlastnosti dle relativní významnosti v každé skupině. Získaný detailní přehled spolu s hodnocením poslouží k pohodlnému a rychlému výběru významných parametrů pro budoucí výrobek.

Vybrané významné potřeby zákazníka následně upotřebíme jako jeden ze vstupních parametrů do 1. stupně metody QFD, kde tyto požadavky dále rozpracujeme a rozvedeme do konečného řešení výrobku.

3.5 QFD metoda – 1. stupeň („dům jakosti“):



Obr. 3.3. Metoda QFD 1. stupeň („dům jakosti“)

4 Průzkum možných řešení

Stávající zařízení je navrženo jako jednoúčelové zakázkové zařízení a současně se jedná o specifickou zpracovávanou součást. Proto je poměrně těžké nalézt běžné konveční řešení, které by bylo možné aplikovat na tento stroj. Z tohoto důvodu jsem se při zkoumání neomezoval výhradně na možná sériová řešení. Při průzkumu v nejrůznějších informačních zdrojích jsem dospěl k závěru, že v zásadě existují tři obecná možná řešení daného problému.

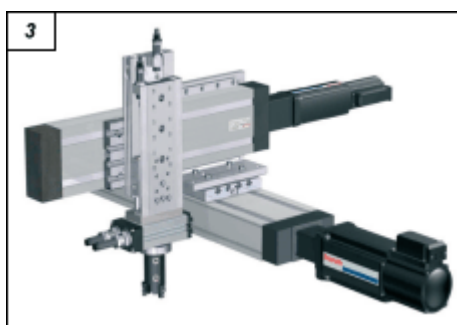
Původní implementované řešení, které je založeno na manipulaci za pomoci operátora se jeví z dlouhodobého pohledu dosti neefektivní a lze ho nazvat jako plýtvání s lidskými zdroji. Na druhou stranu je jeho největší výhodou vysoká pružnost a flexibilita. To jest především nulová investice do manipulačního procesu v případě zásadní změny zpracovávaného sortimentu.

Poměrně sériovým řešením by mohlo být zakomponování manipulačního robota například od firmy Mitsubishi Electric, který by v mnoha ohledech nahradil nezbytnou lidskou práci na tomto místě. Tato aplikace by nevyžadovala žádné velké zásahy do stávajících zařízení. Zároveň je však tato aplikace poměrně finančně náročná z pohledu pořizovacích nákladů robota. Nevýhodou je dále plošná náročnost a především fakt, že využití tohoto zařízení by nejspíš do budoucna nebylo zcela efektivní. Kromě toho vyžaduje zařízení odborný servis a vyškolené specialisty na jeho obsluhu a údržbu.



Obr. 4.1. Manipulační robot od firmy Mitsubishi Electric ^[2]

Druhým řešením může být aplikace n-osého manipulátoru, které mohou mít pneumatický nebo elektrický pohon. Tyto manipulátory existují například v dvouosém provedení v podobě portálového uložení nebo i v běžném tříosém uspořádání. Pneumatické a elektrické prvky mají standardizované rozhraní, čímž se výrazně zkrátí doba jejich montáže. Zároveň mohou být jednoduše přímo kombinovány mezi sebou. Dále lze snadno tyto prvky osadit snímači polohy a přívod stlačeného vzduchu je možné připojit z několika stran, což umožňuje prvky snadno a levně montovat bez použití drahého propojovacího příslušenství.



Obr. 4.2. Tříosý manipulátor od firmy Bosch Rexroth ^[6]

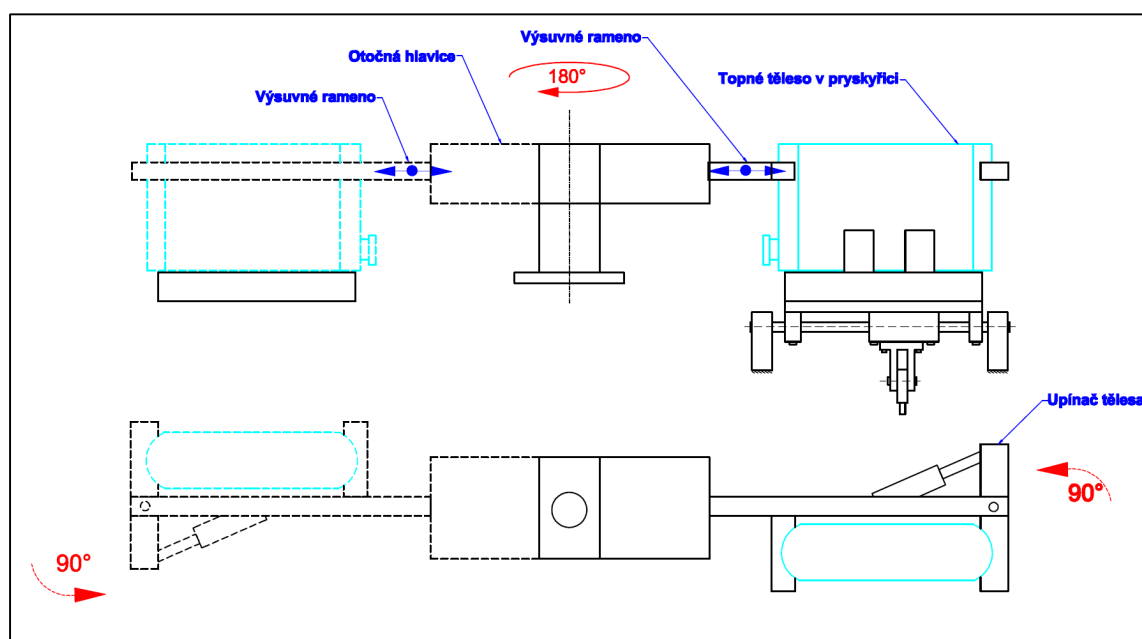
Posledním a nejracionálnější řešení se jeví návrh a výroba jednoúčelové nadstavby na stávající stroj. Na trhu existuje mnoho společností poskytující tyto projektové a výrobní služby. Z pohledu zákazníka je především potřeba dodat co nepřesnější požadavky a představy o konečném řešení.

Z tohoto důvodu bych chtěl, za pomoci inovačních metod návrhu výrobku, navrhnout různá technická řešení manipulátoru, které umožní automatizovanou manipulaci do následujícího zařízení. Některá z těchto řešení si následně vyžádají další případné úpravy navazujících zařízení, jenž nebudou součástí této diplomové práce.

5 Návrhy řešení

Základní pohybový člen manipulátoru, který umožňuje změnu polohy tělesa z horizontální do vertikální polohy, zůstane zachován pro všechna následujících řešení. Manipulátor však bude možné v případě potřeby modifikovat, tak aby vyhovoval navrženému řešení. Na tuto základu může být připevněn i zcela nově navržený manipulátor, který zaručí pohyb topného tělesa do navazujícího zařízení. V případě potřeby můžeme zčásti regulovat výšku manipulátoru pomocí posunutím celého manipulačního zařízení po tvarovém hliníkovém profilu základního rámu stoje.

5.1 Varianta 1 – manipulátor s otočným výsuvným ramenem



Obr. 5.1.1 Skica 1. varianty řešení

Popis řešení:

V prvním navrženém řešení se jedná o zcela externí manipulační jednotku. Základním stavebním členem tohoto řešení je pneumatická rotační jednotka (viz. obr. 5.1.2) umístěná mezi místem odběru a místem odložení. Jednotka se otáčí o 180° a tímto pohybem je garantován vlastní transport tělesa. K uchopení tělesa

slouží rameno, které se vysouvá za pomoci pneumatického válce s lineárním vedením. Pro uchopení tělesa je rameno z vnitřní strany osazeno pevnou opěrou, která slouží k opření tělesa. K fixaci tělesa slouží pneumatický upínač umístěný na konci výsuvného ramena.

V případě potřeby může být otočná manipulační jednotka osazena výškovým zdvihem a ta následně zaručí šetrnější odběr a odložení tělesa. Eventuálně může být dolní dosedací plocha manipulátoru ve stanici opatřena válečky z polyamidu pro snížení tření a případnému poškození tělesa. Boční opěry stávajícího manipulátoru bude třeba upravit tak, aby nepřekáželi při uchopení tělesa.

Vybraný typ rotační jednotky

Technické parametry:

Výrobce	Bosch Rexroth
Typ	R412000384
Ø pístu	20 mm
Rozsah rotace	180°
Pracovní tlak	4 – 8 bar
Pracovní teplota	od +5°C do + 65°C
Max. krouticí moment	3 Nm
rozsah seřízení koncových poloh	-20 - +6°
max. axiální zatížení	620 N
max. radiální zatížení	780 N
Opakovatelná přesnost	± 1°



Obr. 5.1.2 Pneumatická rotační jednotka ^[6]

Vybraný typ pneumatického válce

Použitím pneumatického dvojčinného válce, jehož součástí je přesné lineární vedení získáme přesně orientovanou polohu v požadovaných směrech. Narozdíl od běžného pneumatického válce nedochází k možné rotaci výsuvného pístu. Často se tyto pneumatické válce s přesným vedením používají právě v aplikacích manipulační techniky, kde je potřeba krátkého přesného zdvihu, jako jsou například vyhazovače, zdvihače, hrazení toku apod.

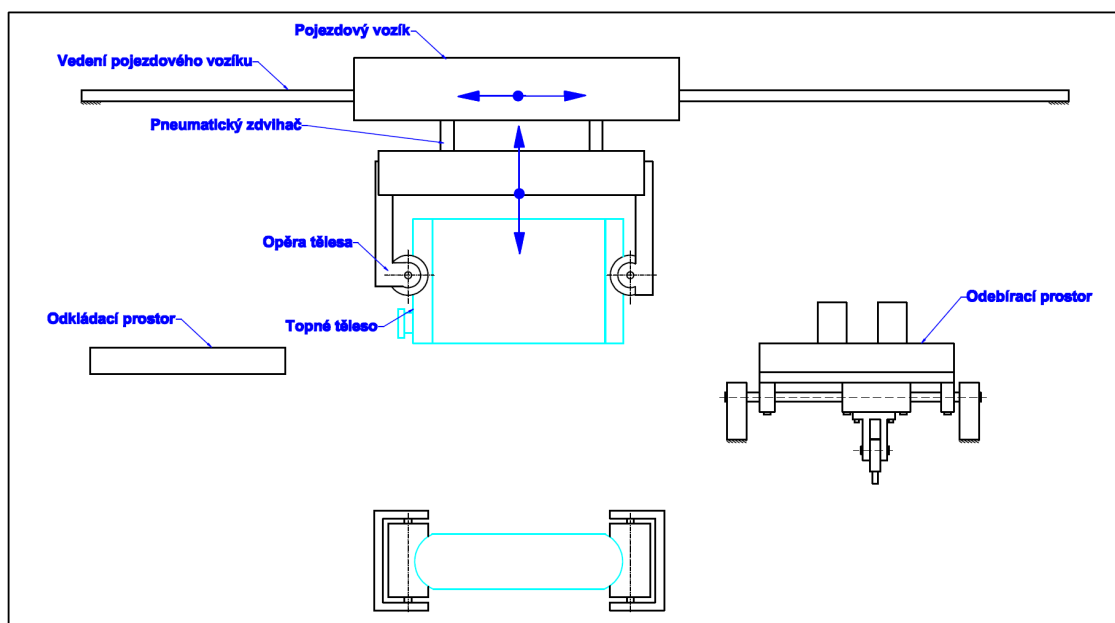
Technické parametry:

Výrobce	Stránský a Petržík
Vybraný typ	P MCGB 03 32 160
Ø pístu	32 mm
Zdvih	160 mm
Pracovní teplota	-5°C až +60°C
Vysouvací síla při 0,6 MPa	482 N
Zasouvací síla při 0,6 MPa	361 N
Závitové přípoje	G 1/8"



Obr. 5.1.3 Pneumatický válec řady MCGB s dvojčinným vedením ^[4]

5.2 Varianta 2 – portálový dvouosý manipulátor



Obr. 5.2.1 Skica 2. varianty řešení

Popis řešení:

Druhé navržené řešení je inspirováno dvouosým portálovým manipulátorem. Základním hybným členem je v tomto případě lineární bezpístnicový pneumatický válec, který zaručuje vlastní přímočarý pohyb konzoly a tím i transport tělesa. Na konzole lineárního pohonu se nachází dále svisle umístěný pneumatický válec s dvojitým lineárním vedením. Tento pneumatický válec umožňuje výškovou stavitelnost zařízení pro zafixování tělesa. Vlastní fixace tělesa se skládá ze dvou ramen. V nichž jsou uloženy pevné profilované válce dle transportovaného, jež slouží jako fixace tělesa.

Bezpístnicového válce

Bezpístnicové válce se používají především tam, kde bychom neuspěli standardními pneumatickými válci. Hlavním výhodou oproti běžným pneumatickým válcům je fakt, že umožňují zástavbu do mnohem menších prostorů. U tradičních pístnicových válců jsme vždy omezeni délkou vysunuté pístnici, která je asi dvojnásobná oproti délce zasunutého válce. Zatímco u bezpístnicového válce je o něco větší než jeho zdvih (z válce se totiž nevysouvá

pístní tyč). Tyto pohony jsou dostupné v nejrůznějších délkových provedeních. Další výhodou bezpístnicových válců je skutečnost, že se vyznačují shodnou silou působení válce v obou směrech a u některých provedeníh umožňují i tlumení koncových poloh. Kromě toho při používání těchto válců není nutné sledovat vzpěrnou sílu pístnice. Nevýhodou těchto systémů je především nutnost častější údržby z důvodu zajištění těsnosti celého systému.

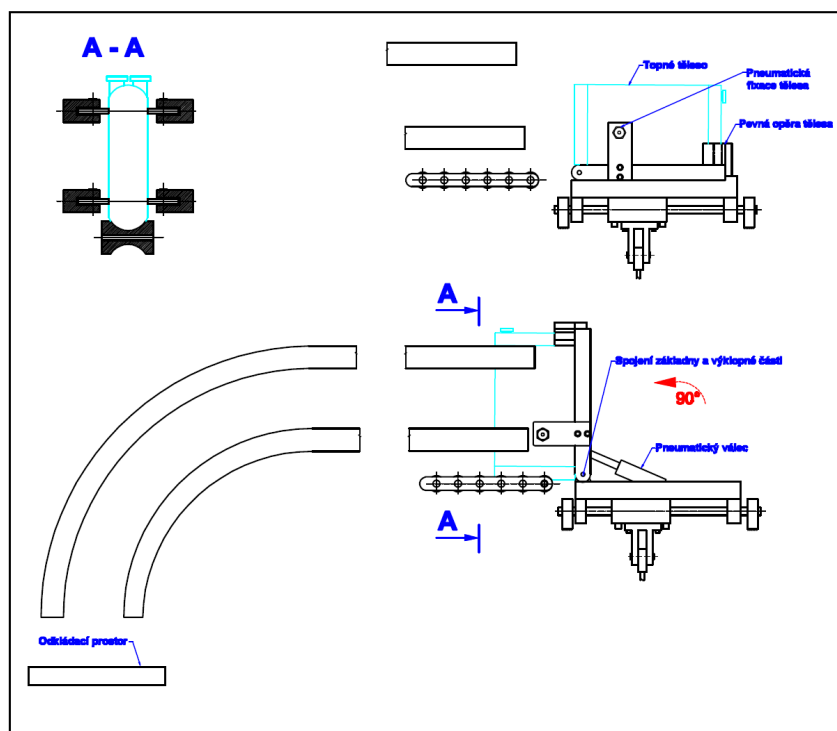
Technické parametry:

Výrobce	Stránský a Petržík
Vybraný typ	PS1 011 25 1500
Ø pístu	25 mm
Zdvih	1500 mm
Pracovní tlak	0,6 MPa
Minimální tlak	0,35 MPa
Maximální tlak	1,0 MPa
Pracovní teplota	-20°C až +80°C
Rychlost vozíku	min 20 mm.s ⁻¹ max. 3 m.s ⁻¹
Síla při 0,6 MPa [N]	432 N
Závitové přípoje	G1/4"
Délka nastavitelného tlumení	25 mm
Pracovní médium	upravený stlačený vzduch



Obr. 5.2.2 Bezpístnicový válec řady S1 ^[4]

5.3 Varianta 3 – výklopný manipulátor s článkovým dopravníkem

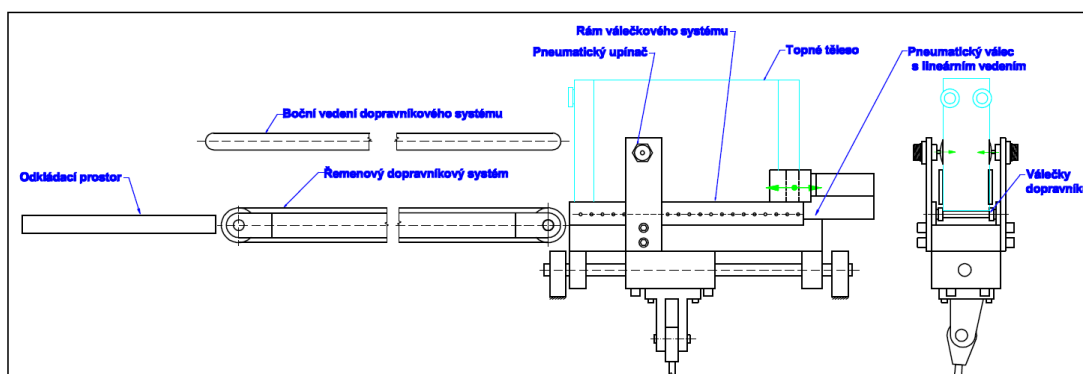


Obr. 5.3.1 Skica 3. varianty řešení

Popis řešení:

Třetí varianta je řešena jako kombinace výklopného manipulátoru a článkového dopravníku. Těleso je na rozdíl od předcházejících variant pootočeno v navazujícím dopravníkovém systému o 90°. Změnu polohy nám zajišťuje přídatný výklopný prostředek, který změní svoji polohu po zdvižení stávajícího manipulačního zařízení do vertikální pozice. Vyklopení tělesa je řešeno za pomoci dvojčinného pneumatického válce. Těleso je v přípravku fixováno za pomoci dvou vestavných pneumatických válců. Ty jsou na koncích opatřeny polyamidovými opěrami pro zvětšení kontaktní plochy se sítí tělesa. Pohyb tělesa je zaručen za pomoci dvou paralelních článkových dopravníků. Těleso je v úvodu dopravníku vedeno za pomoci bočního víka topného tělesa a podpůrného válečkového dopravníku. Při následném posunu tělesa po dopravníku je postupně těleso fixováno vlastním dopravníkem. To je docíleno za pomoci třecích sil pásu a mírného zúžení dopravníku. Po odjezdu tělesa se opět manipulátor sklopí a navrátí do své základní pozice pro odběr dalšího tělesa. Na druhém konci článkového dopravníku je těleso odkládáno na příslušné místo.

5.4 Varianta 4 – manipulátor s pneumatickým lineárním válcem



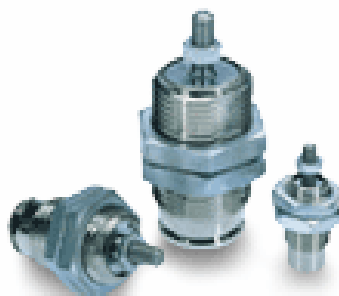
Obr. 5.4.1 Skica 4. varianty řešení

Popis řešení:

Základním hybným mechanismem varianty číslo čtyři je pneumatický válec s lineárním vedením. Pohyb bude docílen za pomoci nastavné polyamidové hlavice pro uchopení tělesa. Pneumatický válec bude sloužit k odsunutí tělesa z manipulačního přípravku na dopravníkový systém. Další výhodou tohoto systému je fakt, že těleso se částečně fixuje již v době příjezdu ve vodorovné poloze samotným vyhazovačem. Po bocích tělesa válce je připevněna z každé strany jedna opěra sloužící jako držák upínače. Na koncích těchto opěr jsou přišroubovány vestavné pneumatické válce, které pevně zafixují těleso při změně polohy manipulátoru. Pohyblivé dřívky pneumatických válců jsou v místě kontaktu s tělesem vybaveny polyamidovými opěrami, jež zajistí větší stykovou plochu a zároveň zamezí poškození sítě tělesa. Po překlopení manipulátoru do vertikální polohy se opět válce uvolní. Pak pneumatický válec odsune těleso na řemenový dopravník a ten už zajistí následný transport. V tomto případě se jedná o běžný dopravník s jedním řemenem. Opора proti převrácení a vedení tělesa v daném směru je docílena vodíci lištami po obou stranách dopravníku. Tyto vodíci lišty budou z vnitřní strany doplněny o materiál s vhodnými kluznými vlastnostmi k eliminaci možného tření. Tím bude topné těleso dostatečně fixováno proti případnému překlopení. Kontakt lišty a tělesa bude maximálně ve dvou bodech v oblasti přesahu sběrných vík topného tělesa.

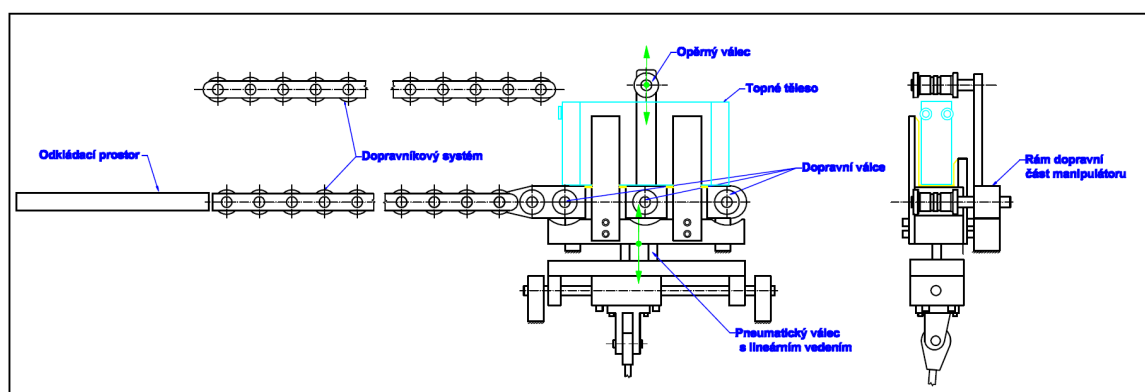
Vybraný typ vestavný pneumický válec

Vestavný válec slouží především v omezených prostorech, v nichž je zapotřebí nepatrného zdvihu. Za pomoci integrovaného závitu na vnějším plášti tělesa bývá přímo upevněn na místo použití. Provoz je možné i bez mazávání stlačeného vzduchu. Mezi další jeho přednosti patří především odolnost proti korozi a kompaktní konstrukce. Standardně je vyráběn v jednočinném provedení.



Obr. 5.4.2 Pneumatický vestavný válec řady P1G [6]

5.5 Varianta 5 –manipulátor s pevnou válečkovou tratí



Obr. 5.5.1 Skica 5. varianty řešení

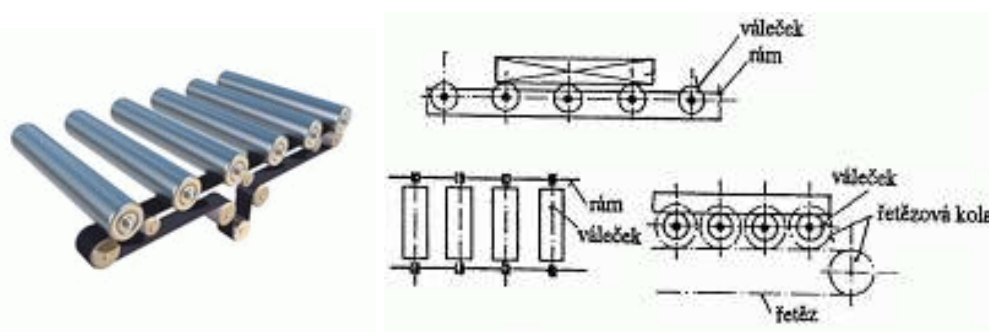
Popis řešení:

Poslední řešení si opět z části zachovává původní koncepci manipulátoru, avšak tu jsou dva podstatné rozdíly. První z zásadních úprav spočívá v doplnění o vertikální zdvihací pneumický válec. Druhým je pak doplnění zařízení o

válečkové dopravníkové zařízení, které umožní transport tělesa do dalšího zařízení. Základním hybným členem je opět pneumatický dvojčinný válec s lineárním vedením.

Základem tohoto řešení je manipulační adaptér, který je již použit ve stávajícím řešení s ručním odebíráním. Nyní je však umístěn na pneumatickém válci s lineárním vedením, jenž zaručí pevně orientovanou pozici manipulátoru a jeho nepatrný zdvih. Zdvih nám poslouží pro usazení tělesa na válečkový dopravník. Z důvodu následujícího zpětného navracení manipulátoru do vodorovné polohy je však je nutné upravit rozměry obou opor na pravé straně, tak aby při dojetí pneumatického válce do dolní polohy a následném zpětném pohybu nedošlo ke kontaktu opor s odjíždějícím tělesem. Případně lze bezkolizní návrat manipulátoru pojistit elektrickými senzory a logickým obvodem. S pohybem manipulátoru směrem dolů je dále svázán pohyb horního fixačního válce, který zaručí kontrolovaný pohyb tělesa po dopravníku.

Pohon válečkového dopravníku je zaručen na základě kontaktu stávající dopravní tratě se sekundárním hnacím řemenem, jenž je umístěn pod vlastní tratí. Jednotlivé válečky trati se po pásu odvalují a tím zároveň dochází k posuvu dopravovaného tělesa (viz. obr. 5.5.2). V případě potřeby větších přenosových sil lze řemenový převod nahradit převodem řetězovým, který by však byl náročnější na údržbu.



Obr. 5.5.2 Řešení pohonu válečkové trati manipulátoru

6 Zhodnocení navržených řešení:

6.1 Porovnání cen nakupovaných komponent

Při hodnocení cen jsou v této etapě projektu srovnávány pouze komponenty nakupované a nezbytné pro bezprostřední fungování vlastního manipulačního zařízení. Tyto položky tvoří aktuálně nejvýznamnější a nejsnáze porovnatelnou část z celkových nákladů na uskutečnění inovace. Ostatní konstrukční náklady na realizaci nelze v této části projektu zcela přesně definovat a budou součástí až závěrečné kalkulace finálního zařízení.

Varianta 1 – manipulátor s otočným výsuvným ramenem				
č.	Název komponentu	poznámky	počet	cena
1	Rotační jednotka 20mm 180°	R412000384	1x	18 487 Kč
2	Válec s lineárním vedením	PMCGB0332160	1x	12 426 Kč
3	Dvojčinný pneumatický válec	P1A-S012SS-0040	1x	1 222 Kč
				32 135 Kč

Varianta 2 – portálový dvouosý manipulátor				
č.	Název komponentu	poznámky	počet	cena
1	Bezpečnostní válcem	PS1 011 25 1500	1x	18 798 Kč
2	Válec s lineárním vedením	P5T-CO20DGSN150	1x	8 934 Kč
				27 732 Kč

Varianta 3 – výklopný manipulátor s článkovým dopravníkem				
č.	Název komponentu	poznámky	počet	cena
1	Vestavný pneumatický válec	P1G-S006SS-0010	2x	1 102 Kč
2	Dvojčinný pneumatický válec	P1A-S020DS-0160	1x	1 637 Kč
				2 739 Kč

Varianta 4 – manipulátor s pneumatickým lineárním válcem				
č.	Název komponentu	poznámky	počet	cena
1	Vestavný pneumatický válec	P1G-S006SS-0010	2x	1 102 Kč
2	Válec s lineárním vedením	PMCGB0332160	1x	12 426 Kč
				13 528 Kč

Varianta 5 – manipulátor s pevnou válečkovou tratí				
č.	Název komponentu	poznámky	počet	cena
1	Válec s lineárním vedením	P5T-CO25DGSN50	1x	8 816 Kč
				8 816 Kč

Tab. 6.1 Srovnání cen nakupovaných komponent pro navržená zařízení

6.2 Údržba a čištění zařízení

Následujícím porovnávacím kritériem je náročnost celkové údržby a čištění zařízení, jenž je nezbytnou součástí každého zařízení. Tyto činnosti mají především vliv na spolehlivost zařízení, popřípadě na prevenci poruch strojních součástí.

Varianta 1

První řešení se z důvodu své komplexnosti řadí k těm náročnějším na celkovou údržbu. Příčinou je především upínač těles, který je potřeba pro bezpečný transport udržovat v bezchybném stavu. S tímto zároveň souvisí i jeho udržení v čistotě. To je v tomto případě zcela průměrně náročné.

Varianta 2

Ve druhém případě je opět především nutné udržet fixační mechanismus v čistém stavu, aby byla zaručena dokonalá kontaktní plocha. Avšak v tomto řešení je pro svoji stavbu tato údržba nepatrně jednodušší. Především je pak třeba dodržovat kontrolní a výměnné intervaly u těsnění lineárního pohonu, aby nedocházelo k případným poklesům účinnosti zařízení. Předepsaný interval výměny těsnění předepisuje výrobce v průvodním listě.

Varianta 3

Ve třetím řešení je třeba především se starat o správné nastavení článkových dopravníků a dále podpůrného dopravníku. Dopravníky musí být seřizeny nejenom vůči sobě, ale také vůči vlastnímu manipulačnímu zařízení. V čistotě je nezbytné udržovat všechny dopravníky, tak aby především nedošlo k nečištění transportovaného tělesa.

Varianta 4

Čtvrté řešení nevyžaduje žádnou zvláštní údržbu. Především řemenový dopravník vyžaduje pouze minimální údržbu. Je zde pouze nutné sledovat dostatečné množství oleje v převodovce a vizuálně kontrolovat případné

mechanické poškození řemenu, které by mohlo způsobit jeho roztržení. Z pohledu čistoty manipulátoru je třeba dále dbát zejména na pravidelnou kontrolu dopravníkových válečků, zda-li nedošlo k jejich znečištění pryskyřicí. To by mohlo způsobit znečištění transportovaných těles. Eventuálně by mohlo nastat zatečení do spáry mezi hřídele a vlastní vodící válečky, což by mělo za následek zamezení odvalování válečků. Podobně jako u všech pneumatických válců vyžaduje čistý povrch vodících tyčí a vlastní pístnice.

Varianta 5

V posledním pátém řešení je obdobná situace jako u předcházejícího řešení. Je opět třeba především kontrola dopravníkových válečků. Kromě toho je nezbytné pravidelně kontrolovat svislé upínací zařízení s opěrným válcem.

6.3 *Zásah do stávajícího zařízení*

Dalším z hodnocených parametrů je porovnání jednotlivých řešení s ohledem na potřebu modifikovat stávající stroj a manipulační zařízení v případě realizace daného řešení.

Varianta 1

Prvním návrh vyžaduje pouze úpravu stávajících opěr v závislosti na velikosti upínače. V případě nedostatečného výsuvu ramena je nutná úprava základního rámu stroje, jenž odděluje pracovní prostor od okolí. Dále bude nutné veškeré manipulační zařízení oddělit od obsluhy za pomoci ochranné stěny.

Varianta 2

Druhé řešení opět vyžaduje úpravu stávajících opěr v závislosti na velikosti opěr, které fixují těleso. Dále je třeba na základní rám zařízení BARTEC připevnit vlastní lineární pohon, jenž umožní pohyb tělesa ve vodorovném směru. Pohon

přijde připevnit na hliníkový tvarový profil uvnitř zařízení. A opět bude nutné manipulační prostor oddělit od obsluhy, jako tomu bylo u předchozího řešení.

Varianta 3

Třetí varianta se řadí mezi konstrukčně nejsložitější především z důvodu zakomponování pneumatického válce sloužícího pro vyklápění tělesa na dopravníkový systém. Jelikož těsně u manipulátoru se zachází motor lineárního elektrického pohonu. Proto bude třeba celé toto manipulační zařízení přepracovat, tak aby nedošlo k případné kolizi se zmíněným pohonem.

Varianta 4

Tato varianta vyžaduje zakomponování válečkového dopravníkového systému a vyhazovače do stávajícího manipulátoru. Na stávající základní pohybový mechanismus bude nutné připevnit nový redukční adaptér, který umožní upnutí pneumatického válce s lineárním vedením a válečkového vedení.

Varianta 5

Poslední navržené řešení bude vyžadovat zakomponování pneumatického zdvihače do základního manipulačního zařízení. Proto bude potřeba, podobně jako u řešení číslo 3, přepracovat celé manipulační zařízení aby nedošlo ke kolizi s motorem lineárního pohonu.

6.4 Snadnost montáže zařízení

Dalším hodnotícím kritériem je snadnost montáže, jenž má především podstatný vliv na čas montáže nového zařízení. Metoda zaměřující se na racionální konstruování součástí s ohledem na jejich jednoduchou montáž výrobku se nazývá DFA (Design For Assembly, viz kapitola 7.2). Cílem metody je snížení počtu dílů, které se následně projeví na času montáže vlastního zařízení a tím i na snížení celkových montážních nákladů. Počet spojovacích dílů ovlivní dále i případnou demontáž zařízení při opravách či pravidelných revizích.

Varianta 1

Pro úpravu opěr je nezbytné demontovat všechny 4 opěry, jež každá z nich je připevněna 2 šrouby M6. Dále je třeba mezi obě zařízení namontovat základový rám s manipulační jednotkou. Po zapojení všech vedení je nezbytné seřízení dosahů ramen, rotace atd. Dále bude nutná montáž zábran okolo zařízení.

Odhadovaná doba montáže 9 hodin.

Varianta 2

Stejně jako v 1. řešení je nezbytné provést úpravu všech opěr v závislosti na manipulační jednotce. Dále bude nutné přimontovat vlastní lineární pohon s manipulační jednotkou, zapojit všechny pneumatická vedení a následně vše seřídit. V závěru bude opět třeba instalace zábran okolo zařízení.

Odhadovaná doba montáže 6 hodin.

Varianta 3

Ve třetím řešení je nezbytné před instalací nového manipulačního zařízení demontovat 8 kusů šroubů M6, které drží stávající odebírající zařízení. Následně stejným postupem připevnit nové manipulační zařízení a zapojit veškeré přívody. Potom můžeme instalovat vlastní dopravníkový systém, seřídit a otestovat celou sestavu.

Odhadovaná doba montáže 10 hodin.

Varianta 4

Stejně jako v 3. řešení je nezbytné před instalací nového manipulačního zařízení demontovat stávající odebírající zařízení a následně připevnit nové. Kromě toho je nezbytné připojit veškeré nové přívody vzduchu ovládající vyhazovač a vestavné pneumatické válce. Následně bude třeba nainstalovat a výškově seřídit řemenový dopravníkový systém.

Odhadovaná doba montáže 5 hodin.

Varianta 5

Stejně jako v předcházejících dvou řešení je zapotřebí demontovat stávající fixační zařízení manipulátoru. Následně můžeme připevnit nové a zapojit veškeré energie. Zároveň musíme nainstalovat válečkový dopravníkový systém a na závěr odladit celou sestavu.

Odhadovaná doba montáže 4 hodiny.

6.5 Změna typu zpracovávaných těles

V současnosti je zařízení využíváno ke zpracování dvou obdobných typů těles. S ohledem na budoucí využití zařízení je třeba počítat s případným rozšířením sortimentu na další typy. Z tohoto důvodu je v rámci projektu zvoleno i toto hodnotící hledisko.

Pro změnu typu by bylo třeba provést následující změny:

Varianta 1

- Výměna upínacích prizmat a eventuální seřízení upínacích členů

Varianta 2

- Výměna opěrných válců a eventuální seřízení upínacích členů

Varianta 3

- Výměna pevné opěry tělesa
- Seřízení pneumatické upínače a případné její přestavení do vhodné pozice
- Seřízení podpěrného dopravníkového systému
- Seřízení vzdálenosti článkového dopravníku

Varianta 4

- Seřízení pneumatického upínače a případné jeho přestavení do vhodné pozice
- Seřízení bočního vedení dopravníkového systému
- Výměna vyhazovací hlavice

Varianta 5

- Seřízení dopravníkového systému (případně výměna dopravníkových válečků)
- Seřízení výšky opěrného válce

6.6 *Kvalitativní vliv na těleso z pohledu fixace*

Nejdůležitějším hodnotícím kritériem z pohledu funkčnosti zařízení je způsob, jakým ovlivňuje každý návrh transportované těleso. Jelikož tento faktor bude mít zásadní vliv na konečný stav a kvalitu výrobku.

Varianta 1

Těleso je transportováno za postraní víka, která jsou stlačena silou potřebnou k fixaci tělesa v upínači. Tímto způsobem je těleso namáháno a může být ovlivněna především vlastní boční víka a popřípadě celková rozměrová přesnost tělesa.

Varianta 2

U druhého návrhu je obdobný problém jako u prvního návrhu. Těleso je opět stlačeno z obou stran a tím je značně namáháno.

Varianta 3

Třetí návrh lze rozdělit do dvou oblastí. Prvním je manipulátor. Těleso je v manipulátoru ustaveno za pomoci opěry a dále je ve dvou bodech za pomoci

pneumatických vestavných válců s podložkami zajišťujícími větší stykovou plochu. Následně je těleso transportováno za pomoci článkového dopravníku. Při tomto transportu dochází k zatížení nejcitlivější části topného tělesa (funkční sítě).

Varianta 4

Ve čtvrtém návrhu je těleso transportováno po spodní ploché trubce tělesa. Hmotnost tělesa se tak rozloží na jednotlivé válečky dopravníku. Těleso je opět fixováno za pomoci dvou pneumatických vestavných válců. K přesunu tělesa slouží vyhazovač, který zároveň slouží jako fixace při změně polohy. Jeho kontaktní plocha umožňují uspokojivé rozložení tlakové síly při odsunu tělesa. Při transportu tělesa po řemenovém dopravníku se těleso, v případě mírného vychýlení, opírá v přesazích bočních vík o opěrnou boční lištu.

Varianta 5

V posledním pátém návrhu je těleso volně umístěno v manipulátoru a následně je usazeno na dopravní. S dopravníkem je opět těleso v kontaktu v místě okrajových plochých trubek. Hmotnost tělesa se tímto způsobem opět rozloží na jednotlivé válečky dopravníku.

6.7 *Vliv na životní prostředí*

Nevyhnutelnou součástí každého nového návrhu je posouzení vlivu navrženého zařízení na okolní životní prostředí. Vlivem na životní prostředí se zabývá metoda DFE (Design For Environment, viz kapitola 7.2). Ta mimo jiné sleduje vlivy výrobku v celém jeho životním cyklu. Mezi další sledované aspekty se řadí například používání netoxických materiálů, minimální energetická spotřeba, minimální vznik emisí a nebo minimalizace veškerých obalů.

Dále lze do vlivu výrobku na životní prostředí zařadit i sekundární vlivy jako jsou kupříkladu hmotnost konečného výrobku, které mají vliv na spotřebu materiálu a energie.

V našem případě je ve všech variantách používán jako medium stlačený vzduchu. Únik media nezpůsobí přímé ohrožení životního prostředí, ale může v určitých případech svým únikem kupříkladu zvyšovat hlučnost zařízení.

Varianta 1

Rotační jednotka vyžaduje pracovní tlak v rozmezí 4 až 8 barů. Spotřeba vzduchu by měla činit 0,7 m³/hod. Nevýhodou se dále může jevit poměrně robustní stavba základního stojanu, jenž je nutný z důvodu dostatečné tuhosti a stability zařízení.

Varianta 2

Toto řešení je poměrně náročné na spotřebu tlakového vzduchu. Lineární bezpístnicový válec má minimální pracovní tlak 3,5 MPa. Maximální pracovní tlak se nachází na hodnotě 10 MPa. K vysoké spotřebě vzduchu také přispívá zdvih pohonu, který je 1500 mm. Spotřeba vzduchu by měla činit 0,8 m³/hod. Kromě toho má zařízení nižší životnost těsnících komponentů, jenž může při nedodržení správného pracovního media a nebo nedostatečné údržbě zapříčinit výrazné energetické ztráty v systému.

Varianta 3

Třetí varianta je z pohledu spotřeby tlakového vzduchu méně náročná. Řešení obsahuje pouze dva vestavné krátkozdvížné válce a klasický jeden dvojčinný válec. Provozní tlak válců musí pohybovat mezi 2 až 7 bary. Spotřeba vzduchu by měla činit 0,2 m³/hod. Materiálově toto řešení není náročné. Motor dopravníkové zařízení vyžaduje přivedení elektrické energie. Motor pohánějící článkový dopravník bude mít pracovní napětí 3 x 400 V.

Varianta 4

Čtvrtá varianta bude vyžadovat připojení jednoho pneumatického válce s lineárním vedením se zdvihem 160 mm. Provozní tlak tohoto válce se musí pohybovat v rozmezí 2 až 10 barů. Vestavné válce pak mají maximální provozní

tlak pouze 7 barů. Spotřeba vzduchu by měla činit 0,35 m³/hod. Motor pohánějící řemenový dopravník bude mít pracovní napětí 3 x 400 V.

Varianta 5

Poslední řešení je z pohledu spotřeby vzduchu nejvíce ekonomické. Spotřeba vzduchu pneumatického zdvihacího válce by měla činit maximálně 0,1 m³/hod. Provozní tlak vestavných válců je opět jako v předchozích případech 2 až 7 barů. Motor pohánějící válečkový dopravník bude mít pracovní napětí 3 x 400 V.

6.8 Plošná náročnost navrženého řešení

Nezbytnou součástí je také definice plošné náročnosti jednotlivých řešení. Průmyslovou filozofií je vždy využít výrobní prostor maximálně do výšky a současně s co nejmenší půdorysnou plochou. Cílem každého řešení by měla být minimální plošná náročnost zařízení.

Zde můžeme rozdělit návrhy do dvou skupin. Do prostorově nenáročné skupiny lze zařadit návrhy číslo dva až pět. Zde je manipulátor součástí stávajícího zařízení. Mimo zařízení vystupuje pouze úzká dopravníková část vedoucí k navazujícímu zařízení.

Do opačné skupiny se řadí návrh číslo jedna, kde manipulační rameno vyžaduje větší půdorysnou plochu z důvodu rotace ramena. Hlavním důvodem plošné náročnosti je především důvod, že se jedná o zcela externí manipulační jednotku. Prostor dále navýší ochranná stěna okolo manipulačního prostoru.

6.9 *Komplexnost dopravníkového systému*

Varianta 1

V první variantě slouží manipulátor zároveň jako dopravníkový systém k následujícímu zařízení. Tudíž zde odpadá řešení externího dopravníkového systému. Z tohoto důvodu je řešení považováno za velmi přijatelné a výhodné.

Varianta 2

Podobně jako v první variantě slouží navržené manipulační zařízení současně jako dopravníkový systém. Řešení je založeno na principu portálového dvouosého manipulátoru, jenž využívá k transportu lineární bezpístnicový válec. Pro i zde odpadá sekundární investice do transportního zařízení.

Varianta 3

Ve třetím návrhu je nutné využít separátní článkový dopravníkový systém, jenž volně navazuje na vlastní manipulační zařízení. Tato aplikace bude řešena externím dodáním dopravníku od specializované firmy.

Varianta 4

Ve čtvrtém návrhu je použito běžného jednořadého řemenového dopravníku, který umožňuje omezené řízení rychlosti posuvu. Řemenový dopravník byl zvolen především z důvodu nenáročné údržby a příznivým pořizovacím nákladům. Dodávka stavebníkového řemenového dopravníku bude opět řešena specializovanou firmou.






Varianta 5

V posledním návrhu je pro transport zvolen válečkový dopravník, který se stane součástí stávajícího na rámu stoje. Nevýhodou tohoto řešení je především pevně stanovená šířka transportovaných těles na základě vodících drážek na válečcích. V tomto případě bude třeba navrhnout a zohlednit technické řešení dopravníku vzhledem k navrženému manipulátoru.

6.10 Výběr nejvhodnější varianty řešení

Pro výběr nejvhodnějšího návrhu existuje řada metod, kterými se lze dobrat ke konečnému řešení. V úvodu se vyřadí slabá řešení v tzv. hrubém roztřídění konceptů a v následném detailní se porovnají zbývající koncepty.

Pro zhodnocení a výběr nejvhodnějšího řešení v tomto případě přistoupíme přímo k detailnímu porovnání všech řešení. Záměrem je nezávisle porovnat všech pět navržených řešení mezi sebou s ohledem na definované počáteční kritéria. Pro konečné porovnání nejlépe poslouží rozhodovací matice, která bere v potaz jednotlivá kritéria a jejich definovanou váhu (viz. tab. 6.2.).

Kritérium	Významnost kritéria (VK)	Varianty řešení (VR)				
		1	2	3	4	5
						
cena nakupovaných dílů	9	-	-	+	0	+
snadná údržba	8	-	0	-	+	0
snadné čištění	6	0	+	0	0	0
zásah do stávajícího zařízení	9	+	+	-	0	-
snadnost/doba montáže	6	-	0	-	+	+
změna typu	5	0	0	-	+	0
kvalitativní vliv z pohledu fixace tělesa	10	0	0	-	+	+
vliv na životní prostředí	7	0	0	+	+	+
plošná náročnost zařízení	6	-	+	+	+	+
Komplexnost dopravníkového systému	7	+	+	0	0	0
součet (+)		2	4	3	6	5
součet (0)		4	5	2	4	3
součet (-)		4	1	5	0	1
Rozdíl (+; -)		-2	3	-2	6	4
$\Sigma (VK \cdot VŘ)$		-13	19	-16	42	29
Pořadí		4.	3.	5.	1.	2.
Další rozpracování		NE	NE	NE	ANO	NE

Tab. 6.2 Matice hodnocení jednotlivých variant řešení

Vítězným návrhem, dle této rozhodovací metody, je návrh číslo čtyři, který patří mezi konstrukčně a provozně jednodušší řešení. Dále má především výtečné vlastnosti v oblasti dodržení technologických požadavků a kvalitativních aspektech. Z pohledu nakupovaných komponent se toto řešení řadí do středního nákladového pásma. V ostatních hodnotících kritériích je řešení hodnoceno kladně až neutrálně. Na základě tohoto hodnocení jsem se rozhodl pro následující rozpracování varianty číslo čtyři, která se jeví jako nejvhodnější pro dosažení počátečních cílů.

7 Řešení zvoleného návrhu

7.1 D-FMEA

FMEA (Failure Mode & Effects Analysis) je strukturovaná metoda, která umožňuje odhadovat a prioritizovat možné problémy a jejich následky u nově vznikajících výrobku, služby, procesu nebo projektu. Následně pak vyhodnocovat vhodnost opatření, sloužící k eliminaci těchto problémů. [5]

V případě tohoto projektu je D-FMEA nástroj, jenž umožní co nejúčinněji se vyvarovat pozdějším konstrukčním problémům a implementaci následných oprav zařízení. Protože nejsnazší a nejlevnější je vždy s těmito drobnými úpravami počítat již v etapě vlastního návrhu, čímž se vyvarujeme obtížným a mnohem nákladnějším opravám v pozdějších fázích projektu. Tato analýza by měla být, v ideálním případě, součástí každého nově navrhovaného výrobku.

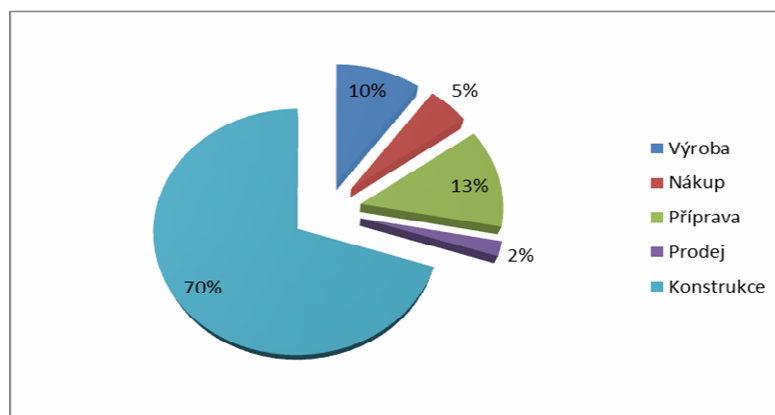
Kompletní zpracování analýzy možných vad a jejich důsledků na vybrané řešení se nachází v příloze 1.

ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))												Strana: 1 z 4			
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 2 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 3 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 4 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 5 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 6 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 7 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 8 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 9 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 10 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 11 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 12 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 13 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 14 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 15 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 16 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 17 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 18 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 19 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 20 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 21 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 22 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 23 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 24 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 25 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 26 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 27 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 28 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 29 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 30 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 31 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 32 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 33 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 34 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 35 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 36 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 37 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 38 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 39 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 40 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 41 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 42 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 43 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 44 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 45 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 46 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 47 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 48 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 49 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 50 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 51 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 52 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 53 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 54 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 55 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 56 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 57 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 58 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 59 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 60 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 61 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 62 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 63 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 64 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 65 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 66 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 67 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 68 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 69 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 70 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 71 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 72 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 73 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 74 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 75 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 76 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 77 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 78 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 79 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 80 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 81 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 82 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 83 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 84 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 85 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 86 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 87 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 88 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 89 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 90 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 91 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 92 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 93 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 94 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 95 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 96 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 97 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 98 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 99 z 4	
Řešený návrh: Automobilový															
Prvek / funkce		možná vada		ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU))										Strana: 100 z 4	

7.2 Metody DFX

Metody DFX (Design For X) jsou skupinou metod zabývajících se detailní konstruování budoucího výrobku. Tyto metody se především používají v oblasti návrhu výrobku a jeho následné výroby. Zaobírají se designem výrobku z pohledu jeho funkce (např. jaký vliv bude mít na sestavu, výrobu, životní prostředí apod.).

Cílem metod je nejenom poskytnout konečnému zákazníkovi požadované funkční vlastnosti, ale především snížit veškeré strukturní náklady v celém životním cyklu výrobku. Náklady výrobku hlavně ovlivníme jeho konstrukčním řešením. Neboť z nejrůznějších studií víme, že na běžnou konstrukci výrobku připadne 70 % všech nákladů. Pro ostatní činnosti pak zbývá 30 % z celkových strukturních nákladů výrobku (viz. obr. 7.2). Obecně platí, že čím nižší budou náklady na výrobek, tím bude větší šance na úspěch výrobku na trhu. Z tohoto předpokladu plyne, že největší potenciál je právě u konstrukční přípravy výrobku.



Obr. 7.2 Struktura nákladů na výrobek^[3]

Záměrem metod je tedy především navrhnout výrobek s ohledem na celkovou jednoduchost, snadnost a rychlost výroby, montáže, demontáže, ekologičnosti, udržitelnosti, oprav atd. Abychom dosáhli požadovaných cílů je nutné, při návrhu součástí a konstrukčních celků, použít některé z následujících metod.

Metoda DFA (Design For Assembly) se zaměřuje na konstruování součástí s ohledem na jednoduchou montáž výrobku. Jedná se o systematickou metodu, která analyzuje a navrhuje výrobek tak, aby výstupní funkce výrobku mohli být

dosažitelné s menším počtem dílů. Zmenšením počtu dílů se následně dosáhne zjednodušení řízení montáže, zvýšení produktivity práce, zkrácení průběžné doby výroby a především souhrnem všech předešlých vlastností snížení celkových výrobních nákladů. Dalším hlediskem může být konstrukční přizpůsobení výrobku pro automatizovanou montáž.

Metoda DFM (Design For Manufacturing) se zaměřuje na jednoduchou vyrobiteľnost výrobků. Jedná se o systematický postup při navrhování výrobku, jejichž hlavním cílem je zajištění jednoduché vyrobiteľnosti dílů při minimalizaci výrobních nákladů. Proto by měl mít výrobek co nejméně dílů a jeho součásti by měli být jednoduše vyrobiteľné. Zároveň by měl tvar zaručit jasnou orientaci pro montáž. Velký vliv na cenu vyráběného dílu mají také přesnosti tolerování součástí. Čím přesnější tolerování, tím bude konečná cena součástí vyšší. Kromě toho je zapotřebí používat standardní materiály a jejich polotovary, které mají široké uplatnění a nižší cenu.

Metoda DFE (Design For Environment) se zaměřuje na problémy spojené s dopadem výrobku na životní prostředí. Mapuje jeho vliv v celém životním cyklu výrobku. Od návrhu výrobku z pohledu ekologické výroby, přes ekologii balení až po ukončení životnosti recyklací.

Mezi ekologickou výrobou lze zařadit používání netoxických materiálů, minimální energetickou spotřebu, minimální vznik emisí a minimalizaci odpadů. Do ekologie balení například patří minimální spotřeba balicího materiálu, používání recyklovatelných materiálů, opětovné používání palet a boxů apod.

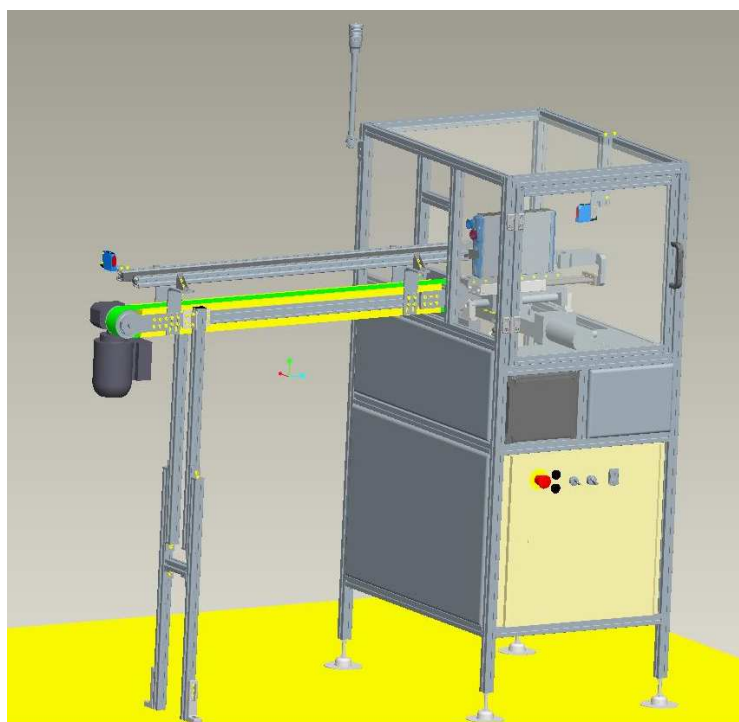
Metoda DFD (Design For Disassembly) se zaměřuje na snadné demontování dílů na konci životního cyklu výrobku. Demontáž dílů má zajistit oddělení jednotlivých materiálů od sebe a následnou jejich recyklaci. Proto je vhodné používat rozebíratelné spoje a vyvarovat se spojům svařovaných, lepených, nýtovaných pájených apod.

7.3 Představení konečné varianty řešení

Na základě rozhodovacích metod bylo definováno, že nejvhodnějším inovačním záměrem pro zařízení zpracovávající topná tělesa v provozu firmy BEHR Czech je varianta číslo čtyři. Ta nejlépe vystihuje předurčené parametry.

Model celého zařízení byl vytvořen v softwaru Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 Education Edition od společnosti PTC.

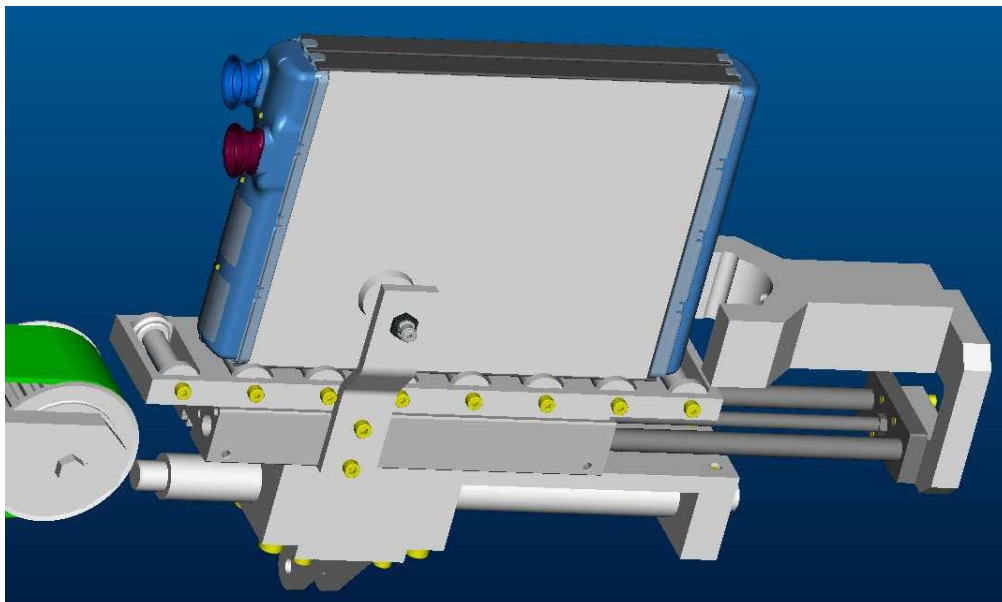
Před vlastní implementací nově navrženého manipulačního systému bude třeba nejprve kompletně demontovat stávající pevný manipulační adaptér a posléze na jeho základní kyvný mechanismus bude připevněn nový manipulátor.



Obr. 7.3 3D model konečné zařízení pro manipulaci s topnými tělesy

Inovace manipulátoru spočívá v kombinaci speciálně navrženého jednoúčelového zařízení a jednořadého řemenového dopravníku. V rámci zvolené varianty řešení došlo ke kompletnímu návrhu nového fixačního adaptéru, jenž zároveň umožní následující odsunutí těles. Nejprve však bylo nutné navrhnout základní spojovací člen, který by zajistil spojení základního kyvného mechanismu a nového manipulátoru. Pro tento účel byla navržena redukce. Spolu s novou redukcí zde byla provedena i drobná optimalizace v podobě úspory jednoho

„malého“ držáku redukce. Čím došlo k úspoře dvou spojovacích šroubů v důležitém montážním spoji se základním manipulačním rámem. Na redukční desku potom přijde připevnit pneumatický válec s lineárním vedením od firmy FESTO (typ DFM 32 160 P GF) a rám dopravníkového vedení. Oba tyto díly jsou připevněny k redukci za pomoci šesti šroubů s vnitřním šestihranem.



Obr. 7.4 Manipulátor těles

Do dopravníkového vedení přijde dále vložit osm kusů dopravníkových válečků, jenž se připevní za pomoci normalizovaných osazený šroubů s vnitřním šestihranem. Osazené šrouby umožní na dřívku kluzný rotační pohyb válečků. Válečky jsou přitom profilovány tak, aby umožnily řízené vedení tělesa na navazující řemenový dopravník.

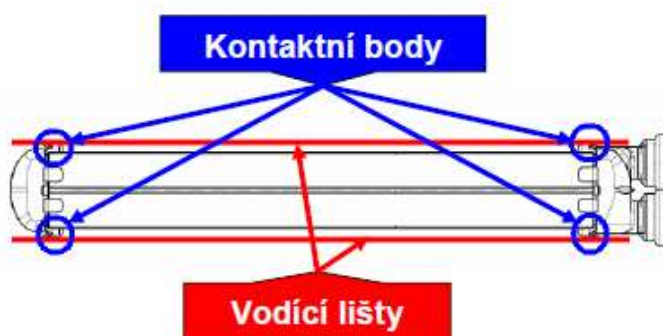
Na pohyblivé části pneumatického válce je připevněn držák opěry tělesa, který slouží pro připevnění fixace tělesa. Fixace tělesa zároveň slouží jako vyhazovač při pohybu pneumatického válce vpřed. Na pevném tělese pneumatického válce jsou pak připevněny držáky opěr spolu s jednočinnými vestavnými válci od firmy Parker Pneumatic (P1G-S006SS-0010). Pohyblivé konce vestavných válců jsou opatřeny polyamidovými opěrnými maticemi, které zvětšují kontaktní plochu s tělesem. Na opačné straně tělesa válce je připojení s vnitřním závitem G1/8". Ten slouží pro připojení ovládacího tlakového vzduchu.

Celý manipulátor je upnut na hlavním hřídeli ve stávajících svěrných uloženích, které jsou upevněny na hliníkových tvarových profilech stroje.



Obr. 7.5 Ukázka stavebnicového dopravníku od firmy Haberkorn Ulmer s.r.o. [7]

Pro transport tělesa do navazujícího zařízení je na zařízení napojen stavebnicový řemenový dopravník s jedním řemenem od firmy Haberkorn Ulmer s.r.o. typu 40CD (podrobná specifikace dopravníku viz. příloha 2). Tento dopravník má za cíl transport topných těles k dalšímu zařízení. Řemenový dopravník je, z důvodu nestability těles, doplněn o dvě paralelní opěrné lišty vyrobených z tvářených hliníkových profilů. Za pomoci tvarové drážky profilu je v nich připevněna kluzná lišta, jež zajišťuje ochranu proti poškození transportovaného tělesa. Lišty tvoří oporu a zároveň vedení transportovanému tělesu. Těleso je v těchto přesazích v kontaktu s bočními kluznými lištami, jenž zároveň řídí směr tělesa při jeho pohybu.



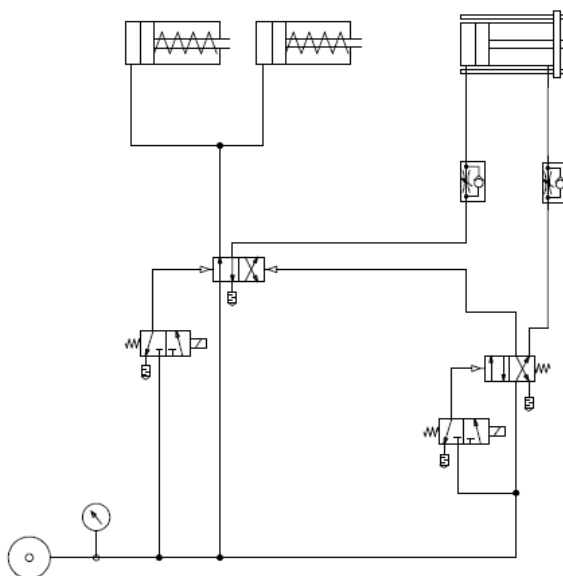
Obr. 7.6 Kontaktní body tělesa s kluznou vodící lištou

Z důvodu implementace řemenového dopravníku došlo v rámci inovace k odstranění stávající bezpečnostní světelné závory, která v nově navrženém

zařízení ztrácí význam z důvodu jejich velké délky. Z důvodu bezpečnosti bude tato světelná závora nahrazena polykarbonátovou deskou s patřičným výřezem pro výstup těles po dopravníku. To zaručí oddělení pracovního prostoru manipulátoru s vnějším prostředím především. Prostor průchodu tělesa pak bude osazen pouze bodovou světelnou závorou. Dále v rámci inovace zařízení došlo k celkové optimalizaci výšky rámu na výstupu ze stroje. Tato optimalizace spolu s zakrytím všech stěn přinese především teplotní stabilizaci uvnitř celého pracovního prostoru. Doposud byl vnitřní pracovní prostor zařízení značně ovlivňován teplotou vnějšího okolí z důvodu otevřeného vstupu pro obsluhu.

Přístup obsluhy do zařízení bude zaručen za pomoci servisních dveří z čelní stany stroje. Servisní dveře zabezpečí dostatečný přístup v době případných oprav či pravidelných údržbách zařízení. Zároveň bude možné těmito dveřmi čistit celý pracovní prostor zařízení. Z důvodu bezpečnosti budou dveře vybaveny elektronickým kontaktním senzorem, který v případě otevření dveří zaručí vyřazení manipulátoru z provozu. Zařízení by tak mělo splňovat veškeré bezpečnostní předpisy předepsané pro daná automatická zařízení.

Snímání přítomnosti těles bude zaručeno za pomoci univerzálních optických senzorů. Pneumatický obvod bude doplněn patřičnými komponenty a zapojen dle schématu na obrázku 7.7.



Obr. 7.7 Schéma pneumatického zapojení

7.4 Pevnostní výpočty

a) Maximální síla ovládacího pneumatického válce a kroutící moment působícího na hlavní hřídel

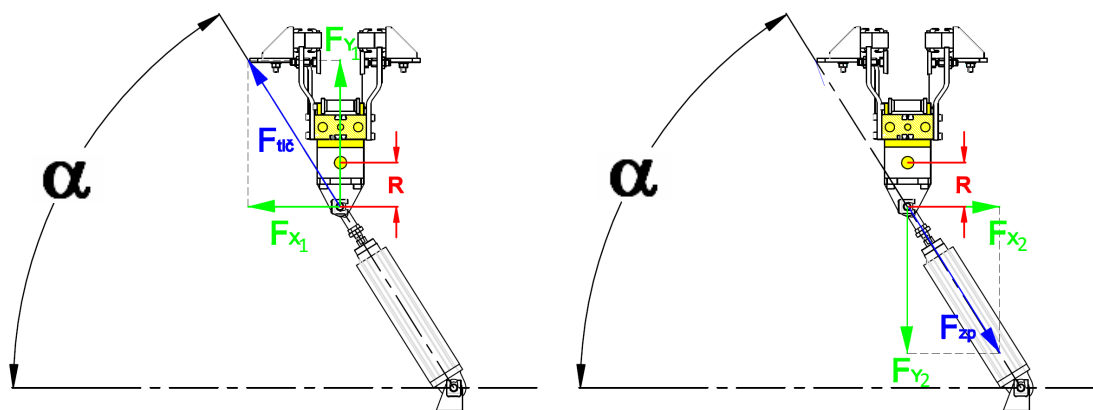
Zadané parametry:

průměr pístu pohonu	$d_p = 32 \text{ mm} = 0,032 \text{ m}$
poloměr ramena otáčení	$R = 57 \text{ mm} = 0,057 \text{ m}$
pracovní tlak	$p = 6 \text{ bar} = 600\,000 \text{ Pa}$
úhel pneumatického válce	$\alpha = 45^\circ$

Obecně tlak v pneumatickém systému:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi \times \frac{d_p^2}{4}} \quad (7.1)$$

Dle parametrů výrobce je teoretická síla vyvolaná pístem při pracovním tlaku 6 barů při pohybu vpřed $F_{tlč} = 485 \text{ N}$; síla při zpětném pohybu $F_{zp} = 415 \text{ N}$



Obr. 7.8 Rozbor sil pneumatického pohonu na hřídel

Výpočet tlačných sil:

$$\sin \alpha = \frac{F_y}{F} \Rightarrow F_{y1} = F_{tlč} \times \sin \alpha = 485 \times \sin 45^\circ = 341 \text{ N} \quad (7.2)$$

$$\cos \alpha = \frac{F_x}{F} \Rightarrow F_{x1} = F_{tlč} \times \cos \alpha = 485 \times \cos 45^\circ = 341 \text{ N} \quad (7.3)$$

Kroutící moment tlačný:

$$M_k = F_{x1} \times R = 341 \times 0,057 = 19,4 \text{ Nm} \quad (7.4)$$

Výpočet zpětný sil:

$$\sin \alpha = \frac{F_Y}{F} \Rightarrow F_{Y_2} = F_{zp} \times \sin \alpha = 415 \times \sin 45^\circ = -293 \text{ N} \quad (7.5)$$

$$\cos \alpha = \frac{F_X}{F} \Rightarrow F_{X_2} = F_{utc} \times \cos \alpha = 415 \times \cos 45^\circ = -293 \text{ N} \quad (7.6)$$

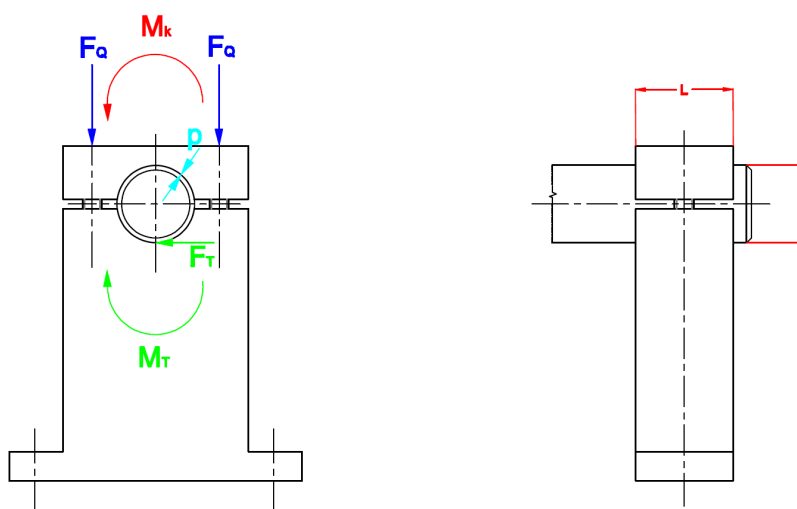
Kroutící moment zpětný:

$$M_{k_d} = F_{X_2} \times R = -293 \times 0,057 = -16,7 \text{ Nm} \quad (7.7)$$

b) Kontrola svěrného uložení hlavního hřídele

Zadané parametry:

	průměr hlavního hřídele	$d = 16 \text{ mm} = 0,016 \text{ m}$
	součinitel smykového tření	$f = 0,12$
		$f' = 0,15$
	šířka svěrného uložení	$L = 10 \text{ mm}$
šroub M4:	malý průměr závitu šroubu	$d_3 = 3,387 \text{ mm}$
	střední průměr závitu šroubu	$d_2 = 3,675 \text{ mm}$
	rozteč šroubu	$P = 0,5 \text{ mm}$
	Mez pevnosti v tahu	$R_m = 800 \text{ MPa}$
	Mez kluzu šroubu 8.8	$R_e = 640 \text{ MPa}$



Obr. 7.9 Uložení hlavního hřídele ve svěrném uložení

Třecí podmínka uložení:

$$M_T < M_k \quad \text{tj.} \quad M_T = k_w \times M_k = 0,4 \times 19,4 = 7,76 \text{ Nm} \quad (7.8)$$

Třecí moment:

$$M_T = f \times d \times \frac{\pi}{2} \times i \times F_Q \quad (7.9)$$

$$\Rightarrow F_Q = \frac{M_T}{f \times d \times \frac{\pi}{2} \times i} = \frac{7,76}{0,12 \times 0,016 \times \frac{\pi}{2} \times 2} = 1287 \text{ N} \quad (7.10)$$

Utahovací moment šroubů:

$$\tan \gamma = \frac{P}{\pi \times d_2} = \frac{0,5}{\pi \times 3,675} \Rightarrow \gamma = 2,48^\circ \quad (7.11)$$

$$\tan \varphi' = f' = 0,15 \Rightarrow \varphi' = 8,531^\circ \quad (7.12)$$

$$M_u = \frac{3}{4} \times F_Q \times d_2 \times \tan(\gamma + \varphi') = \frac{3}{4} \times 1287 \times 0,003675 \times \tan(2,48 + 8,531) = 0,69 \text{ Nm} \quad (7.13)$$

Moment v závitu šroubu:

$$M_z = \frac{2}{3} \times M_u = \frac{2}{3} \times 0,69 = 0,46 \text{ Nm} \quad (7.14)$$

Kontrola tlaku

$$p = \frac{F_Q \times i}{d \times L} = \frac{1287 \times 2}{0,016 \times 0,010} = 16087500 \text{ Pa} = 16,09 \text{ MPa} \dots \text{max. ocel} _ 85 \text{ MPa} \\ \text{VYHOVUJE} \quad (7.15)$$

Pevnostní kontrola šroubů

$$\sigma_t = \frac{F_Q \times i}{\pi \times \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2} = \frac{1287 \times 2}{\pi \times \left(\frac{3,675 + 3,387}{2} \right)^2} = 65,71 \text{ MPa} \quad (7.16)$$

$$\tau = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_z}{\frac{\pi \times d_3^3}{16}} = \frac{460}{\frac{\pi \times 3,387^3}{16}} = 60,30 \text{ MPa} \quad (7.17)$$

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 \times \tau^2} = \sqrt{65,71^2 + 3 \times 60,30^2} = 123,39 \text{ MPa} \quad (7.18)$$

$$k = \frac{R_e}{\sigma_e} = \frac{640}{123,39} = 5,19 \dots \text{zvolené šrouby pevnostně vyhovují} \quad (7.19)$$

c) Kontrola hlavního hřídele za pomoci MKP

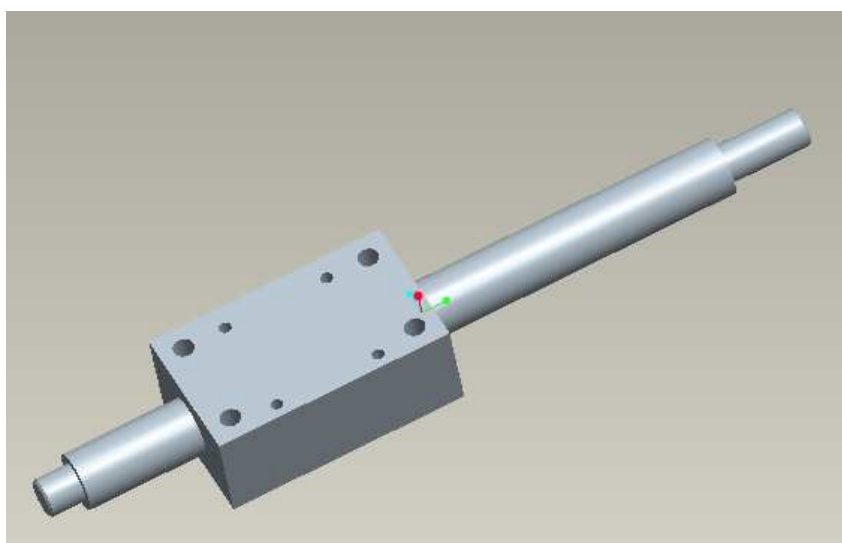
Analýza hlavního hřídele je provedena v programu Pro Engineer v modulu Mechanica. V analýze je posuzováno ovlivnění hlavního (obr. 7.10) hřídele pneumatickým válcem, jenž zajišťuje pohyb celého manipulátoru. Hřídel je kontrolována na maximální napětí (obr. 7.11) a deformaci ve svislé ose zařízení (obr. 7.12).

Vstupní zatěžující parametry:

$$F_{X \text{ tlč}} = 341 \text{ N (vzorec 7.2)}$$

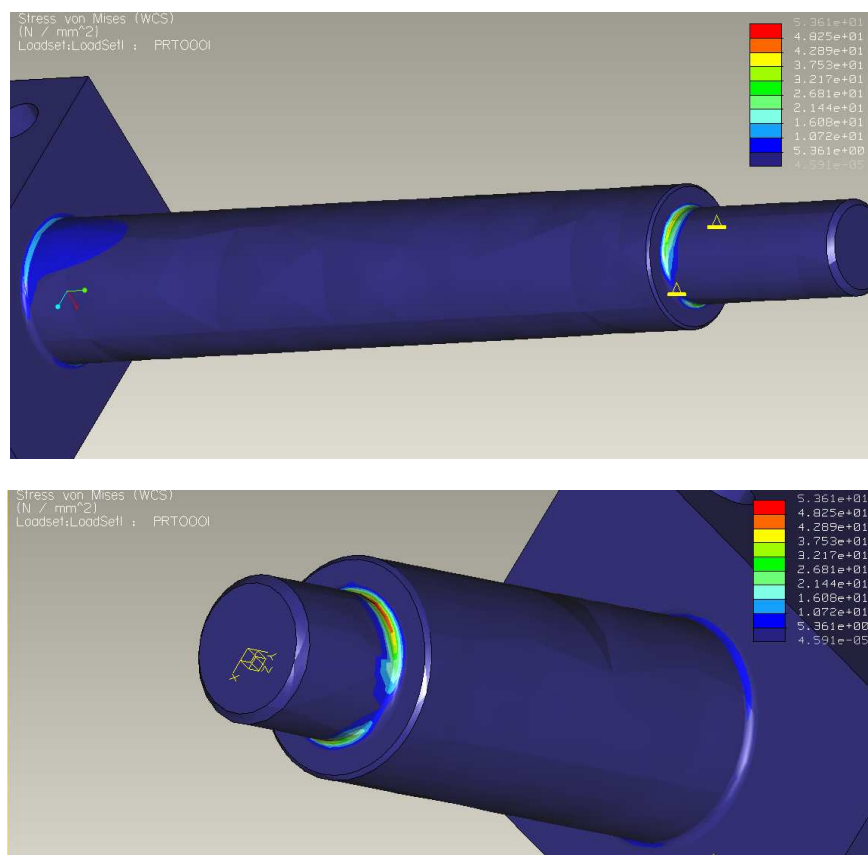
$$F_{Y \text{ tlč}} = 341 \text{ N (vzorec 7.3)}$$

$$M_k = 19,4 \text{ Nm (vzorec 7.4)}$$



Obr. 7.10 Kontrolovaná hlavní hřídel za pomoci MKP

I.) Pevnostní kontrola hlavního hřídele



Obr. 7.11 Kontrola maximálního napětí v hlavním hřídeli

Z analýzy plyne, že maximální redukované napětí (stress von mises) je v místě vrubu s podpěrou a je rovno **53,6 MPa** . Hřídel je vyroben z oceli 11 600.

Ocel	R _m [MPa]	R _e [MPa]	σ _c [Mpa]	τ _k [Mpa]
11600	590	295	125	153

Tab. 7.1 Materiálové charakteristiky oceli 11 600 ^[11]

Určení koeficientu bezpečnosti pro kritické místo redukovaného napětí:

$$k = \frac{\sigma_c}{\sigma_{\text{Red}}} = \frac{125}{53,61} = 2,33 \quad (7.20)$$

Koeficient bezpečnosti hlavního hřídele vzhledem k mezi únavy v ohybu je 2,33. Tudíž hřídel bezpečnostně vyhovuje.

Cyklické namáhání hřídele se střídavým nesouměrným namáháním na krut (bezpečnost hřídele je počítána pro maximální možný moment od pohonu)

$$M_k = M_{k_h} = 19,4 \text{ Nm (vzorec 7.4)} \quad D = 24 \text{ mm}$$

$$M_{k_d} = -16,7 \text{ Nm (vzorec 7.7)} \quad d = 16 \text{ mm}$$

$$\tau_c = 153 \text{ MPa} \quad r = 1 \text{ mm}$$

Maximální smykové napětí v nejvíce namáhané části hřídele:

$$\tau_h = \frac{M_{k_h}}{w_k} = \frac{M_{k_h}}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{19,4 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot 16^3}{16}} = 24,12 \text{ MPa} \quad (7.21)$$

Minimální smykové napětí v nejvíce namáhané části hřídele:

$$\tau_d = \frac{M_{k_d}}{w_k} = \frac{M_{k_d}}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{-16,7 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot 16^3}{16}} = -20,76 \text{ MPa} \quad (7.22)$$

Střední napětí:

$$\tau_a = \frac{\tau_h - \tau_d}{2} = \frac{24,12 - (-20,76)}{2} = 22,44 \text{ MPa} \quad (7.23)$$

Amplituda napětí:

$$\tau_m = \frac{\tau_h + \tau_d}{2} = \frac{24,12 - 20,76}{2} = 1,68 \text{ MPa} \quad (7.24)$$

Tvarový součinitel α_k v osazení tyče namáhané krutem určíme z grafu ^[14] $\alpha_k = 1,6$ (7.25)

Součinitel vliv velikosti:

$$v_r = 1 - \sqrt{0,02 \cdot \log \frac{d}{d_0}} = 1 - \sqrt{0,02 \cdot \log \frac{16}{10}} = 0,936 \quad (7.26)$$

Materiálová konstanta c zjištěna z tabulky ^[14] $c = 0,0078$ (7.27)

Součinitel velikosti gradientu napětí:

$$v_g = 1 + \sqrt{\frac{2 \cdot c}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 0,0078}{16}} = 1,031 \quad (7.28)$$

Poměrný gradient napětí:

$$\chi = \frac{1}{r} + \frac{4}{D+d} = \frac{1}{1} + \frac{4}{24+16} = 1,1 \quad (7.29)$$

Součinitel jakosti povrchu η_k zjištěno z tabulky ^[14] $\eta_k = 0,89$ (7.30)

Vrubový součinitel:

$$\beta_k = \frac{\alpha_k}{1 + \sqrt{c \cdot \chi}} = \frac{1,6}{1 + \sqrt{0,0078 \cdot 1,1}} = 1,46 \quad (7.31)$$

Mez únavy při střídavém zatížení v krutu:

$$\tau_c^* = \tau_c \cdot \frac{\eta_k \cdot v_r \cdot v_g}{\beta_k} = 153 \cdot \frac{0,89 \cdot 0,936 \cdot 1,031}{1,46} = 90 \text{ MPa} \quad (7.32)$$

$$\psi_k \text{ zjištěno z tabulky } ^{[14]} \quad \psi_k = 0,15 \quad (7.33)$$

Součinitel citlivosti součásti:

$$\psi^* = \frac{\psi_k}{\beta_k} = \frac{0,15}{1,46} = 0,103 \quad (7.34)$$

$$\tau_a^* = \tau_c^* - \psi^* \cdot \tau_m = 90 - 0,103 \cdot 1,68 = 89,83 \text{ MPa} \quad (7.35)$$

$$\tau_h^* = \tau_c^* + (1 - \psi^*) \cdot \tau_m = 90 + (1 - 0,103) \cdot 1,68 = 91,51 \text{ MPa} \quad (7.36)$$

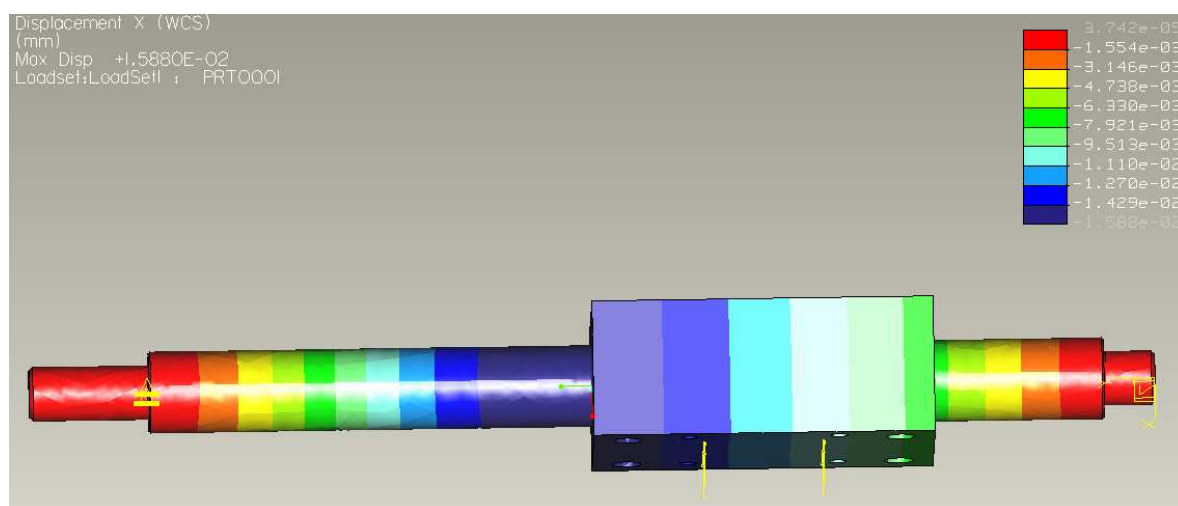
Bezpečnost:

$$k_a = \frac{\tau_a^*}{\tau_a} = \frac{89,83}{22,44} = 4,0 \quad (7.37)$$

$$k_h = \frac{\tau_h^*}{\tau_h} = \frac{91,51}{24,12} = 3,79 \quad (7.38)$$

Kontrolovaný hřídel z hlediska cyklického namáhání na krut bezpečnostně vyhovuje.

II.) Deformace hlavního hřídele



Obr. 7.12 Kontrola maximální deformace v hlavním hřídeli

Z analýzy plyne, že maximální deformace v ose upevňujících šroubů držáku ovládacího pneumatického válce (displacement X) je rovno **0,016 mm**.

8 Ekonomické zhodnocení

Cílem diplomové práce bylo především najít jednoduché a levné řešení, které by umožnilo snadné spojení stávající linky na prolepování topných těles a zamýšlenou sušící pec.

V kalkulaci jsou započteny nejpodstatnější nakupované díly, tak i díly vyráběné včetně jejich nákladů na zhotovení. Ceny jsou v tomto případě stanoveny včetně DPH. V konečné ceně je zahrnuto nově navržené zařízení, včetně potřebné technické úpravy jako jsou například rozšíření pneumatických rozvodů a doplnění komponentního pneumatického řízení. V ceně není zahrnuta případná úprava stávajícího řídicího systému stroje. Cena inovovaného manipulátoru spolu se stavebnicovým řemenovým dopravníkem včetně potřebného opěrného vedení vychází na částku 190 690 Kč. Zmíněná cena zařízení je z velké části ovlivněna pořizovacími náklady na transportní řemenový dopravník. Podrobný rozpad cen komponent nalezneme v tabulce 8.1. Současně zde nalezneme i to zda-li se jedná o díl nakupovaný či vyráběný.

V návrhu inovovaného zařízení jsou kromě toho zohledněny i některé z metod DFX. Ty mají především přikládat důraz na efektivní konstrukci výrobku, výrobu součástí a montáže jednotlivých dílů. Všechny tyto filozofie vedou ke komplexnímu pojetí celého projektu tak, aby se nezaměřoval pouze na jednu jeho část. V konečném důsledku se tyto metody promítnou v konečné ceně jednotlivých součástech navrženého zařízení.

Rozpad cen jednotlivých komponent systému					
č.	Název komponenty	Díl *	Počet	cena [CZK/jednotku]	cena [CZK]
x	Dopravník				
1	Řemenový dopravník	n	1 ks	41 000 Kč	41 000 Kč
x	Manipulátor				
2	Pneumatický válec s lineárním vedením	n	1 ks	14 726 Kč	14 726 Kč
3	Redukce	v	1 ks	430 Kč	430 Kč
4	Rám vedení	v	1 ks	2 500 Kč	2 500 Kč
5	Dopravníkový válečky	v	8 ks	152 Kč	1 216 Kč
6	Osazený šroub s vnitř. šestihranem (M5)6x50	n	8 ks	100 Kč	800 Kč
7	Boční opěra manipulátoru	v	2 ks	190 Kč	380 Kč
8	Kazetový pneumatický válec	n	2 ks	635 Kč	1 270 Kč
9	Opěrná matice pneu. kazetového válce	v	2 ks	105,0 Kč	210 Kč
10	Držák opěry	v	1 ks	550 Kč	550 Kč
11	Fixace tělesa	v	1 ks	440 Kč	440 Kč
12	Spojovací materiál šroub s vnitř. šestihranem	n	16 ks	2,5 Kč	40 Kč
13	Univerzální optický senzor včetně držáku	n	2 ks	2 350,0 Kč	4 700 Kč
14	uložení hřídele	n	2 ks	500,0 Kč	1 000 Kč
x	Vodící lišty dopravníku				
15	Alu profil 30 x 30 x 1100 (2ks)	n	2,2 m	200 Kč	440 Kč
16	Kluzné vedení (2ks)	n	2,2 m	100 Kč	220 Kč
17	Držák vodící lišty	v	4 ks	348 Kč	1 390 Kč
18	Spojka profilu	n	4 ks	27,5 Kč	110 Kč
19	Naváděcí koncovka	v	2 ks	210 Kč	420 Kč
20	Vzpěra 30x30	n	2 ks	62,5 Kč	125 Kč
x	Krycí polykarbonátové desky				
21	Polykarbonát	n	2 m ²	1 117 Kč	2 234 Kč
22	lišty pro upevnění polykarbonátu	n	15 m	80 Kč	1 200 Kč
x	Podstavec dopravníku				
23	Alu profil 30 x 30 x 120 (1ks)	n	0,12 m	200 Kč	24 Kč
24	Alu profil 30 x 30 x 700 (4ks)	n	2,80 m	200 Kč	560 Kč
25	Spojka profilu 2	n	6 ks	33 Kč	198 Kč
26	Šroub s vnitř. šestihranem M6x12	n	30 ks	1,5 Kč	45 Kč
27	Šroub s vnitř. šestihranem M6x50	n	4 ks	3,0 Kč	12 Kč
28	T matice	n	30 ks	8,5 Kč	255 Kč
29	Spojka dopravníku (velká)	n	4 ks	40,0 Kč	160 Kč
30	Podlahová upínka	n	2 ks	262,5 Kč	525 Kč
31	nožičky zařízení	n	4 ks	280,0 Kč	1 120 Kč
32	Záslepka profilu	n	10 ks	55,0 Kč	550 Kč
x	Řízení a bezpečnost				
33	maják	n	1 ks	2 750,0 Kč	2 750 Kč
34	krytování stroje	n	4 ks	2 250,0 Kč	9 000 Kč
35	elektro skříně a vypínače, kontrolky, apod	n	x ks	32 000,0 Kč	32 000 Kč
36	pneumatické řízení, vedení, spojky, apod	n	x ks	46 000,0 Kč	46 000 Kč
37	světelná závora	n	1 ks	10 950,0 Kč	10 950 Kč
38	ostatní spojovací materiál, apod	n	x ks	6 800,0 Kč	6 800 Kč
x	Servisní dveře				
39	Držadlo	n	1 ks	247,5 Kč	248 Kč
40	Alu profil 30 x 30 x 495 (2ks)	n	1,0 m	200 Kč	200 Kč
41	Alu profil 30 x 30 x 510 (2ks)	n	1,1 m	200 Kč	220 Kč
42	Polykarbonát 500x475 (1ks)	n	0,30 m ²	1 117 Kč	335 Kč
43	Závěs dveří	n	2 ks	123 Kč	245 Kč
44	Matice závěsu	n	4 ks	50 Kč	200 Kč
45	Šroub s vnitř. šestihranem M6x12	n	10 ks	1,5 Kč	15 Kč
46	T matice	n	2 ks	8,5 Kč	17 Kč
47	Bezpečnostní senzor dveří	n	1 ks	2 860 Kč	2 860 Kč
* (n - nakupovaný; v - vyráběný)					190 690 Kč

Tab. 8.1 Rozpad cen jednotlivých komponent v daném řešení

9 Závěr

Výsledkem této diplomové práce byla inovace manipulátoru na zařízení, které slouží ke zpracovávání topných těles ve firmě BEHR Czech s.r.o. Diplomová práce byla řešena a zpracována jako ucelený projekt. Konstrukční omezení zejména spočívalo v prostorovém omezení uvnitř stávajícího stoje a zachování všech aspektů na kvalitu zpracovávaných dílů.

Nejvhodnějším řešením byla vyhodnocena varianta číslo čtyři, která byla shledána jako nejvhodnější vzhledem k zadaným počátečním požadavkům na zařízení. Manipulátor se skládá z vodící válečkové trati a pneumatického lineárního vyhazovače. Fixace topného tělesa je zaručena za pomoci dvou vestavných pneumatických válců s krátkým zdvihem. Transport těles je řešen za pomoci řemenového dopravníku. Cena vstupních komponent a ostatního potřebného materiálu k realizaci tohoto řešení byla vyčíslena na částku 190 690 Kč. Tato částka tvoří přibližně 1/10 ceny oproti konvečnímu manipulačnímu robotu.

V původním řešení bylo nutné cca každých 50 sekund odebrat vždy jeden zpracovaný díl. Po implementaci manipulačního zařízení včetně průběžné sušící linky nebude třeba soustavně sledovat a obsluhovat zmíněné zařízení. Obsluha se tak bude moci věnovat jiným činnostem s vyšší přidanou hodnotou. V případě nutného zásahu bude upozorněna na vzniklý problém zvukovým a světelným signálem. Popřípadě lze toto manipulační zařízení prozatím implementovat bez průběžné sušící linky, kdy bude třeba zásahu operátora každých cca 3,5 minuty, aby odebral čtyři topná tělesa. Hlavním přínosem automatizovaného odběru je však eliminace případných prostojů zařízení v důsledku čekání na odebrání tělesa z manipulátoru.

Transport těles mezi zařízením nanášející pryskyřici a sušící linkou zajišťuje řemenový dopravník jmenovitou rychlostí 3 m/min. Rychlost dopravníku lze dále plynule regulovat v rozmezí od 1,2 m/min do 4,5 m/min. Přičemž délka dopravníku činí 1,5 m. Z důvodu nízkých nároků na údržbu byl zvolen řemenový

dopravník. Pro zamezení kontaktu nanesené vrstvy a součástmi zařízení bylo využito přesahů bočním vík topného tělesa (viz kapitola 7.3 obr. 7.6).

Obsluha stroje nevyžaduje žádné zvláštní znalosti. Bude vyžadovat pouze krátké seznámení s jeho obsluhou a dodatečnými bezpečnostními předpisy. Řízení manipulátoru bude napojeno na stávající nanášecí zařízení za pomoci optických senzorů.

Zakrytí odbíracího místa kromě toho přispělo ke stabilizaci teploty uvnitř zařízení a tím současně ke snížení citlivosti přehřevu nanášecího zařízení na aktuálních klimatických podmínkách v okolí stroje.

Do konečného řešení byla zahrnuta většina zadaných parametrů, která byla v zadání projektu definována pro danou inovaci jako klíčová. Bylo dosaženo velmi příznivých parametrů obzvláště v oblasti plynulosti a bezpečnosti transportu těles.

Seznam zkratek

DFA		Design For Assembly
DFD		Design For Disassembly
DFE		Design For Environment
DFM		Design For Manufacturing
DFX		Design For X (X = pro určité zaměření)
D-FMEA		Design Failure Mode and Effects Analysis
f		součinitel tření
F	[N]	síla
k		součinitel bezpečnosti
Kč		korun českých
Ks		kus (kusů)
-	[m ³ /hod]	spotřeba vzduchu
max.		maximální
min.		minimální
M	[Nm]	moment
MKP		metoda konečných prvků
obr.		obrázek
p	[Pa/bar]	tlak / vedlejší jednotka soustavy SI (1bar = 100 000 Pa)
QFD		Quality function deployment
R _e	[MPa]	mez kluzu
R _m	[MPa]	mez pevnosti
S	[mm ²]	plocha
s.r.o.		společnost s ručením omezeným
tab.		Tabulka
σ _c	[MPa]	mez únavy v ohybu
σ _{RED}	[MPa]	redukované napětí
τ _k	[MPa]	mez únavy v krutu

Seznam příloh

Příloha 1: FMEA

Příloha 2: Specifikace řemenového dopravníku

Příloha 3: Kontrolní list zařízení

Příloha 4: Vestavný válec Parker pneumatic

Příloha 5: Pneumatický pohon s lineárním vedením FESTO (DFM 32 160 P GF)

Příloha 6: Výkres sestavy zařízení (BCZ_ZAHRAJ_001)

Příloha 7: Výkres podsestavy zařízení – manipulátoru (BCZ_ZAHRAJ_002)

Příloha 8: Výkres hlavního hřídele (BCZ_ZAHRAJ_003)

Seznam použité literatury

- 1) *behrgroup.com* [online]. 2011 [cit. 2011-11-23]. Behr Czech Mnichovo Hradiště. Dostupné z WWW: [http://www.behrgroup.com/Internet/cms_czech.nsf/\\$all/5CEB7AABE1645FA3C12573750047D9CA?open&qm=leftmenu1,1,1,0](http://www.behrgroup.com/Internet/cms_czech.nsf/$all/5CEB7AABE1645FA3C12573750047D9CA?open&qm=leftmenu1,1,1,0)
- 2) *mitsubishi-automation-cz.com* [online]. 2011 [cit. 2011-12-17]. MELFA Roboty – RV Series. Dostupné z WWW: <http://www.mitsubishi-automation-cz.com/>.
- 3) Mašín, I., Ševčík, L.: *Metody inovačního inženýrství*. Vydal Institut průmyslového inženýrství 2006
- 4) *stranskyapetrzik.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-12-23]. Pneumatické válce řady MCGB. Dostupné z WWW: <http://www.stranskyapetrzik.cz/pneu/pneumaticke-valce/valce-s-vedenim-menu/valce-mcgb/>.
- 5) *vlastnicesta.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-12-27]. FMEA - analýza možných vad a jejich důsledků. Dostupné z WWW: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/metody-kvalita-system-kvality-iso/fmea-analyza-moznych-vad-a-jejich-dusledku/>
- 6) *tracepartsonline.net* [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Katalog 3D dílů Dostupné z WWW: [http://www.tracepartsonline.net/\(S\(ptj30k55cajpss553dsfoe2e\)\)/content.aspx?home=1&class=TRACE](http://www.tracepartsonline.net/(S(ptj30k55cajpss553dsfoe2e))/content.aspx?home=1&class=TRACE)
- 7) *haberkorn.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-04-09]. Haberkorn Ulmer s.r.o. Dostupné z WWW: <http://www.haberkorn.cz/remeny-dopravnik-40cd-40c-ms/>
- 8) *festo.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-04-09]. Festo s.r.o. Dostupné z WWW: http://www.festo.com/cms/cs_cz/9516.htm
- 9) Pešík, L.: *Části strojů. 1. díl*. Liberec, TU 2005. ISBN 80-7083-938-4
- 10) Pešík, L.: *Části strojů. 2. díl*. Liberec, TU 2005. ISBN 80-7083-939-2
- 11) Leinveber, J. – Vávra, P.: *Strojnické tabulky*. Albra, Úvaly 2005. ISBN 80-736-01-6
- 12) Rosenau, M., D.: *Řízení projektu*. Brno: Computer Press, a.s., 2007. 344s. ISBN 978-80-251-1506-0
- 13) Zelený, J.: *Stavba strojů – strojní součásti*. Brno: Computer Press, a.s., 2000. ISBN 80-7226-311-0
- 14) *kst.tul.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-05-03]. Únava materiálů strojních součástí při periodickém zatěžování. Dostupné z WWW: http://www.kst.tul.cz/podklady/casti_fs/podklady/Unava_materi_alu_strojnich_soucasti_pri_periodickem_zatezovani.pdf

Příloha 1

ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ

D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU)

Strana:

1 z 5

Řešený návrh:

Automatický manipulátor

Odpovědnost za návrh:

J. Zahradník

Datum zpracování (originálu)

25.10.2011

Datum zpracování (revize návrhu)

24.3.2012

Prvek / funkce	možná vada	následky vady	význam	kritičnost	příčiny vady	výskyt	stávající způsob posuzování návrhu	odhalitelnost	rizikové číslo	doporučená opatření	odpovědnost, termín opatření	provedená opatření	význam	kritičnost	odhalitelnost	rizikové číslo
Lineární pohyblivý člen	netěsnost systému	snížení pracovních parametrů pohonu	4		chybně zvolené těsnění	5	dle katalogu dílů	3	60	použít těsnění z odolnějšího materiálu	konstrukční oddělení					
			5		nedodržení montážního postupu	3	proškolení montážního postupu	2	30							
			4		samovolné uvolnění vedení	5	vizuální posouzení	3	60	fixace vedení v exponovaných místech	montážní oddělení					
	předčasné opotřebení pohonu	snížení životnosti pohonu	5		znečištění pohonu	4	dle zkušenosti v podobném případě	3	60	oddělení lineárního členu od válečkové trati	konstrukční oddělení					
			7		přetěžování systému	5	doporučení výrobce	5	175	prověřit hmotnost transportovaného tělesa, fixace tělesa,...	konstrukční oddělení					

ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ

D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU)

Strana: 2 z 5

Řešený návrh: Automatický manipulátor

Odpovědnost za návrh: J. Zahradník

Datum zpracování (originálu) 25.10.2011

Datum zpracování (revize návrhu) 24.3.2012

Prvek / funkce	možná vada	následky vady	význam	kritičnost	příčiny vady	výskyt	stávající způsob posuzování návrhu	odhalitelnost	rizikové číslo	doporučená opatření	odpovědnost, termín opatření	provedená opatření	význam	kritičnost	odhalitelnost	rizikové číslo
Lineární pohyblivý člen	nedostatečné tlumení v koncové poloze	předčasné opotřebení některých součástí	6		chybně zvolený pracovní tlak v systému	3	doporučení výrobce	2	36							
			7		chybně zvolená rychlost posuvu	5	zkouška pohonu	4	140	kontrola nastavení tlakového vzduchu	montážní oddělení					
			7		chybně zvolený průměr pistu	4	doporučení výrobce	3	84	revize vhodnosti daného pohonu	konstrukční oddělení					
			8		nemožnost nastavení tlumení	4	doporučení výrobce	5	160	použit hydraulické tlumiče rázů jako externí tlumení	konstrukční oddělení					
	Nedostatečný manipulační zdvih zařízení	Nefunkčnost systému	9		chybná volba lineárního pohonu (zdvih)	4	kontrolní výpočet	3	108	kontrolní výpočet	konstrukční oddělení					
			9		nedostatečná délka vyhazovače	4	kontrolní výpočet	3	108	kontrolní výpočet	konstrukční oddělení					

ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ

D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU)

Strana: 3 z 5

Řešený návrh: Automatický manipulátor

Odpovědnost za návrh: J. Zahradník

Datum zpracování (originálu) 25.10.2011

Datum zpracování (revize návrhu) 24.3.2012

Prvek / funkce	možná vada	následky vady	význam	kritičnost	příčiny vady	výskyt	stávající způsob posuzování návrhu	odhalitelnost	rizikové číslo	doporučená opatření	odpovědnost, termín opatření	provedená opatření	význam	kritičnost	odhalitelnost	rizikové číslo
Lineární pohyblivý člen	uvolnění lineárního pohonu	nefunkčnost systému	6		chybně zvolený spojovací materiál	2	dle katalogu spojovacích dílů	3	36							
			6		chybně zvolený upínací materiál	2	dle katalogu spojovacích dílů	3	36							
			5		uvolnění spoje	3	utažení na správný utahovací moment	3	45							
válečkový dopravník x manipulátor	poškození válečkového vedení	nefunkčnost vedení	6		ohnutí hřídelky vodícího válečku	3	kontrolní výpočet	4	72	revize výpočtu	konstrukční oddělení					
			4		zatečení pryskyřice mezi hřídel a vodící válečky	3	zkouška pohonu	4	48							

ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ

D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU)

Strana:

4 z 5

Řešený návrh:

Automatický manipulátor

Odpovědnost za návrh:

J. Zahradník

Datum zpracování (originálu)

25.10.2011

Datum zpracování (revize návrhu)

24.3.2012

Prvek / funkce	možná vada	následky vady	význam	kritičnost	příčiny vady	výskyt	stávající způsob posuzování návrhu	odhalitelnost	rizikové číslo	doporučená opatření	odpovědnost, termín opatření	provedená opatření	význam	kritičnost	odhalitelnost	rizikové číslo
válečkový dopravník x manipulátor	předčasné opotřebení vedení	poškození transportovaného dílu	6		nevhodná volba materiálu vodičeho válečku	4	zkouška životnosti	3	72	konzultace s dodavatelem materiálů	konstrukční oddělení					
			6		nevhodná geometrie vodičeho válečku	5	dle zkoušky systému	3	90	optimalizace profilu válečku	konstrukční oddělení					
			5		uvolnění čepu vodičeho válečku	3	utahení na správný utahovací moment	3	45							
	kolize manipulátoru a tělesa	destrukce zařízení	8		Neznámé polohy vyhazovače a polohovače	5	zkouška systému	7	280	snímače koncových poloh	konstrukční oddělení					
			7		zachycení pneumat. vedení	5	zkouška životnosti	4	140	upevnění vedení na rám stroje	Montážní oddělení					

ANALÝZA MOŽNÝCH VAD A JEJICH DŮSLEDKŮ

D-FMEA (NÁVRHU VÝROBKU)

Strana: 5 z 5

Řešený návrh: Automatický manipulátor

Odpovědnost za návrh: J. Zahradník

Datum zpracování (originálu) 25.10.2011

Datum zpracování (revize návrhu) 24.3.2012

Prvek / funkce	možná vada	následky vady	význam	kritičnost	příčiny vady	výskyt	stávající způsob posuzování návrhu	odhalitelnost	rizikové číslo	doporučená opatření	odpovědnost, termín opatření	provedená opatření	význam	kritičnost	odhalitelnost	rizikové číslo
manipulátor	poškození hlavního hřídele	nefunkčnost systému	8		ohnutí hřídele	2	definovno předchozím návrhem	5	80	kontrolní výpočet	konstrukční oddělení					
			9		zadření kluzného vedení	2	definovno předchozím návrhem	4	72	kontrolní výpočet	konstrukční oddělení					

DOTAZNÍK K PROVEDENÍ ŘEMENOVÉHO DOPRAVNÍKU 40CD MS, 40C MS

Do tučných políček vyplňte požadovaný údaj nebo zaškrtněte zvolenou variantu.

Pro firmu	Behr Czech & TUL	Telefon		
Kontaktní osoba	Jan Zahradník	E-mail		
Označení projektu	Diplomová práce	Datum	1.03.2012	Počet 1

TYP DOPRAVNÍKU	40CD MS <input checked="" type="checkbox"/>	40C MS <input type="checkbox"/>
----------------	---	---------------------------------

ROZMĚRY DOPRAVNÍKU	Celková délka dopravníku L:	1500 mm	Šířka dopravníku Š:	60 mm
	Osová vzdálenost řemenic R:	1420 mm	Počet větví P:	1 ks

PODSTAVA	Podstava součástí nabídky	ANO <input type="checkbox"/> NE <input checked="" type="checkbox"/>	
	Výška H	mm	
	Možné způsoby zakončení podstavy: (do rámečku vepište počet prvků na podstavě)		
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> Kotvicí úhelník <input type="checkbox"/></div> <div> Stavitelná nožka <input type="checkbox"/></div> <div> Otočné kolo s brzdou <input type="checkbox"/></div> <div> Otočné kolo bez brzdy <input type="checkbox"/></div> <div> Pevné kolo <input type="checkbox"/></div> </div>		

POHON	Zaškrtněte prosím polohu:	Třífázový asynchronní motor se šnekovou převodovkou	
		Poloha motoru	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> Horizontálně k dopravníku <input type="checkbox"/> Vertikálně dolů <input checked="" type="checkbox"/> </div> <div> Horizontálně od dopravníku <input type="checkbox"/> Vertikálně nahoru (pouze 40 CD MS) <input type="checkbox"/> </div> </div>

RYCHLOST POHYBU ŘEMENE	Regulace rychlosti	ANO <input checked="" type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>	Elektrické zapojení dopravníku	
	V JÍMENOVITÁ (při 50 Hz)	3,0 m/min	ANO <input checked="" type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>	
	Povolená odchylka (+/-) od jmenovité rychlosti při 50 Hz	0,1 m/min		
	V MAXIMÁLNÍ (m/min)	4,5	V MINIMÁLNÍ (m/min)	1,2
	Možnost regulace rychlosti pomocí frekvenčního měniče v rozmezí 40 – 150 % (jmenovitá rychlost = 100 %)			

DOPRAVOVANÝ MATERIÁL	Hmotnost jednoho dopravovaného kusu	2,00 kg	Přídavné boční vedení
	Počet dopravovaných kusů na dopravníku	3 ks	
	Zatížení dopravníku	6,00 kg/m	
	Teplota dopravovaného materiálu	70 °C	
	Teplota okolí	25 °C	
	Materiál s ostrými hranami	ANO <input type="checkbox"/> NE <input checked="" type="checkbox"/>	
	Akumulace materiálu	ANO <input type="checkbox"/> NE <input checked="" type="checkbox"/>	

PROVOZNÍ PODMÍNKY	Počet směn za pracovní den	3
	Počet zapnutí/vypnutí za 1 hod. (max. 100)	10

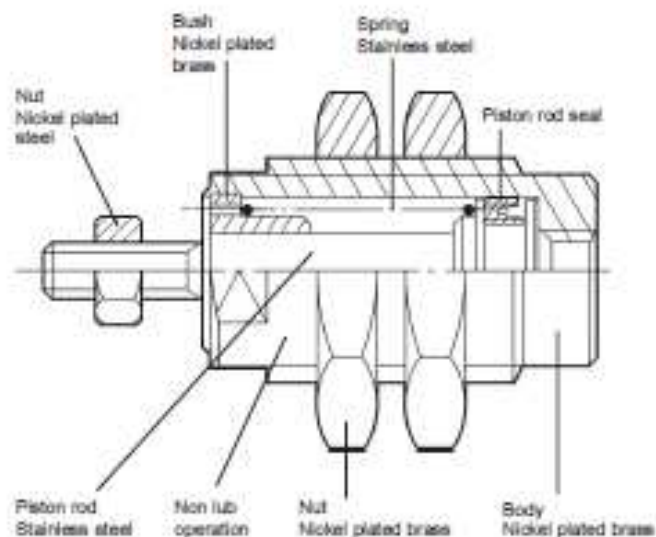
POZNÁMKY	Transportovaný kus je topné těleso z hliníkové slitiny.
----------	---

Příloha 3

Kontrolní list					
Revize návrhu			Instalace a zkušební provoz		
Požadavek	Oddělení*	Hodnocení	Požadavek	Oddělení*	Hodnocení
Konstrukční dokumentace v češtině	K	ano			
Kryty odpovídají normám (BOZP)	K	ano			
Umístění světelné závory odpovídají normám (BOZP)	K	ano			
barevné řešení dle standardu	K	ano			
standardní způsob kreslení pneumatického obvodu	K	ano			
dokumentace k elektrickému propojení	K	ne			
zaslepené konstrukční profily	K	ano			
Dostupnost stlačeného vzduchu v zařízení	K	ano			
Odpovídá zařízení ergonomickým zásadám pro obsluhu stroje	K	ano			
Dostatečná teplotní odolnost použitých materiálů	K	ano			
návod k obsluze zařízení v češtině	K	ano			
fixace pneumatického a elektrického vedení na rám zařízení	M	ne			
snadné čištění dopravníku	K	ano			
snadná údržba zařízení	K	ano			
neovlivnění nanesené vrstvy	K	ano			
plynulý transport těles	K	ano			
vyšší samostatnost zařízení	K	ano			
*K - konstrukce; V - výroba, M - montáž		BOZP - Bezpečnost a ochrana zdraví při práci			

Single acting cartridge cylinders

Features



Part nos.

Ø	
6	M6 - 5121A - + stroke
10	M10 - 5121A - + stroke
16	M16 - 5121A - + stroke

Standard stroke lengths

5, 10, or 15mm

Add stroke to part no.

e.g. M6 - 5121A - 10

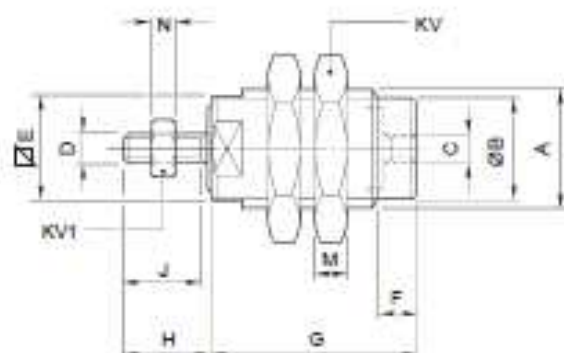
Technical information

Temperature: -20° +80°C

Pressure: max. 7bar
min. 2bar

Caution

Use clean air
Avoid side loads on the piston rod
Avoid loading the piston rod during retraction
Do not operate the cylinders with excessive inertia.



Dimensions (mm)

Ø	A	ØB	C	D	E	F	G			H	J	KV	KV1	M	N
							5	10	15						
6	M10 x 1	8,5	M5	M3 x 0,5	9	5	15,5	25,5	32,5	9,0	9	14	5,5	3	2,4
10	M15 x 1,5	13,0	M5	M4 x 0,7	14	5	20,5	27,0	34,0	11,5	11	19	7,0	4	3,2
16	M22 x 1,5	19,0	M5	M5 x 0,8	20	6	23,5	29,5	36,0	14,0	12	27	8,0	5	4,0

Spring forces (N)

Ø	Retracted	Extended
6	1,5	4
10	2,5	6
16	4,5	11

Weights (g)

Ø	Strokes		
	5	10	15
6	10	13	15
10	27	32	36
16	70	78	87

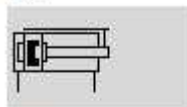
Příloha 5

Vodící jednotky DFM

technické údaje

FESTO

funkce



- průměr
12 ... 100 mm
- délka zdvihu
10 ... 200 mm



[www.festo.com/en/
spare_parts_service](http://www.festo.com/en/spare_parts_service)



servis oprav
kluzné vedení GF:
Ø pístu 20 ... 100 mm
vedení v kuličkových
oběžných pouzdech KF:
Ø pístu 16 ... 100 mm



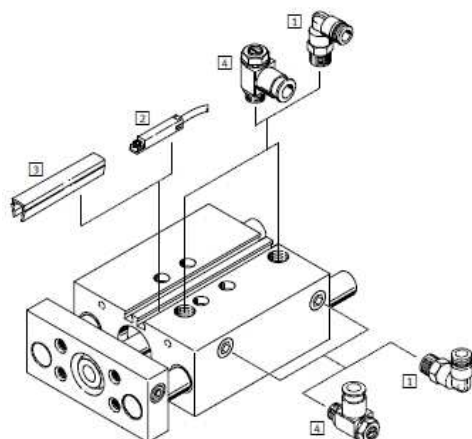
Obecné technické údaje										
Ø pístu	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
připojení pneumatiky	M5	M5	M5	G3/8	G3/8	G3/8	G3/4	G3/4	G3/8	G3/8
provozní médium	filtrovaný stlačený vzduch, mazaný nebo nemazaný									
provozní tlak [bar]	2 ... 10			1,5 ... 10			1 ... 10		0,5 ... 10	
konstrukce	píst									
	pístnice									
	vodící tyč s posuvovou deskou									
tlumení	pružné dorazy na obou stranách									
snímání poloh	čidly na válce (objednávají se zvlášť)									
upevnění	průchozími dírami									
	vnitřním závitem									
montážní poloha	libovolná									
pojištění proti poškození / vedení	vodící tyč s posuvovou deskou / vedením kluzným nebo v kuličkových oběžných pouzdech									

Síly [N]										
Ø pístu	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
teoretická síla při 6 barech, pohyb vpřed	68	121	188	295	482	754	1 178	1 870	3 016	4 712
teoretická síla při 6 barech, pohyb vzad	51	90	141	247	415	686	1 057	1 750	2 827	4 418

Vodící jednotky DFM

přehled periferií

FESTO



Přísůstenství	krátký popis	→ strana
1) šroubení s nástrážnou koncovkou QS	pro připojení hadic na stlačený vzduch s tolerovaným vnějším průměrem	svazek 3
2) čidla SME-/SMF-8	lze integrovat do profilové trubky	1 / 6.2-122
3) krycí lišta do drážky ABP-S-5	pro odhnutí kabelu čidla a drážky pro čidla před nečistotami	1 / 6.2-123
4) jednosměrný šokotní ventil GRA	pro regulaci rychlosti	1 / 6.2-123
- střešící dutinky ZBH	v dodávce obsaženy 4 kusy	1 / 6.2-122